

**STUDI AWAL FABRIKASI *DYE SENSITIZED SOLAR CELL*
(DSSC) DENGAN MENGGUNAKAN EKSTRAK BUAH DAN
DAUN SIRSAK (*ANNONA MURICATA L*) SEBAGAI
FOTOSENSITIZER**



SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar
Sarjana Sains Jurusan Fisika pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar**

Oleh:

IRWAN AFANDI

NIM : 60400112047

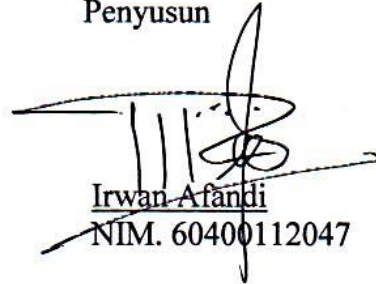
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
2016**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan penuh kesadaran, penyusun yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya penyusun sendiri. Jika kemudian hari terbukti bahwa ia merupakan duplikat, tiruan, plagiat atau dibuat oleh orang lain, sebagian dan seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh dinyatakan batal karena hukum.

Gowa, 30 November 2016

Penyusun



Irwan Afandi
NIM. 60400112047

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul, “Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dari Ekstrak Buah dan Daun Sirsak (*Annona muricata L*) sebagai Fotosensitizer” yang disusun oleh Irwan Afandi, Nim: 60400112047, mahasiswa Jurusan Fisika pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang *munaqasyah* yang diselenggarakan pada hari rabu, tanggal 30 November 2016 M, bertepatan dengan 30 Shafar 1438, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana dalam Ilmu Sains, Jurusan Fisika (dengan beberapa perbaikan).

Gowa, 30 November 2016 M
30 Shafar 1438 H

DEWAN PENGUJI

Ketua	: Dr. M. Thahir Maloko, M.Hi.	(.....)
Sekretaris	: Sahara. S.Si., M.Sc., Ph.D	(.....)
Munaqisy I	: Ihsan, S.Pd., M.Si.	(.....)
Munaqisy II	: Fitriyanti, S.Si., M.Sc.	(.....)
Munaqisy III	: Dr. Sohrah, M.Ag.	(.....)
Pembimbing I	: Iswadi, S.Pd., M.Si.	(.....)
Pembimbing II	: Hernawati, S.Pd., M.Pfis.	(.....)

Diketahui oleh:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar



Prof. Dr. L. Arifuddin, M.Ag.
NIP: 19691205 199303 1 001

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang menjadikan segala yang ada di alam semesta ini menjadi berarti. Semua yang diciptakannya tidak ada satupun yang sia-sia. Sungguh kami sebagai hambamu sangat bersyukur kepada-Mu Ya Rabb. Hanya dengan kehendak-Mulah, Skripsi yang berjudul “**Studi Awal Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dari Ekstrak Buah dan Daun Sirsak (*Annona muricata L*) sebagai *Fotosensitizer***” ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa kami haturkan kepada baginda Rasulullah SAW sebagai nabi uswatun hasanah dalam menjalankan aktivitas keseharian di atas permukaan bumi ini.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari segi sistematika penulisan, maupun dari segi bahasa yang termuat di dalamnya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun senantiasa Penulis harapkan guna terus menyempurnakannya.

Salah satu dari sekian banyak pertolongan-Nya adalah telah digerakkan hati sebagian hamba-Nya untuk membantu dan membimbing Penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis menyampaikan penghargaan dan banyak ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada mereka yang telah memberikan andilnya sampai Skripsi ini dapat diselesaikan.

Tanpa mengurangi rasa hormat, Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebanyak-banyaknya atas ketulusan Ibunda (Ibu **Nisbah**) dan Ayahanda (Bapak **Rusdi**) yang segenap hati dan jiwanya mencurahkan kasih sayang serta doanya yang tiada henti-hentinya demi kebaikan, kebahagiaan dan keberhasilan Penulis, sehingga bisa menjadi orang yang seperti sekarang ini.

Selain kepada kedua orang tua, Penulis juga menyampaikan banyak terima kasih kepada Bapak **Iswadi, S.Pd., M.Si** selaku pembimbing I yang dengan penuh ketulusan hati meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing, mengajarkan, mengarahkan dan memberi motivasi kepada penulis agar dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Kepada Ibu **Hernawati, S.Pd., M.Pfis.** selaku pembimbing II yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing dan mengajarkan kepada Penulis dalam setiap tahap penyelesaian penyusunan Skripsi ini sehingga dapat selesai dengan cepat dan tepat.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak dengan penuh keikhlasan dan ketulusan hati. Untuk itu, pada kesempatan ini, Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Musafir Pabbabari, M.Si** selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar periode 2015-2020 yang telah memberikan andil dalam melanjutkan pembangunan UIN Alauddin Makassar dan memberikan berbagai fasilitas guna kelancaran studi kami..

2. Bapak **Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag** selaku Dekan Fakultas Sains Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar periode 2015-2019 atas semua saran serta nasehat yang diberikan untuk perbaikan Skripsi ini.
3. Ibu **Sahara, S.Si., M.Sc, Ph. D** selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi yang selama ini membantu kami selama masa studi dan memberikan motivasi serta kritik dan masukan kepada penulis sehingga Penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.
4. Bapak **Ihsan, S.Pd., M.Si.** selaku penguji I, Ibu **Fitriyanti, S.Si., M.Sc.** selaku penguji II dan Ibu **Dr. Sohrah, M.Ag.** selaku penguji III yang senantiasa memberikan kritikan dan masukan untuk perbaikan Skripsi ini.
5. Dosen Pengajar Jurusan Fisika Bapak **Muh. Said. L, S.Si., M.Pd.**, Ibu **Rahmaniah S.Si., M.Si.**, Ibu **Ayusari Wahyuni, S.Si., M.Sc.**, Ibu **Nurul Fuadi, S.Si., M.Pd** Ibu **Kurniati Abidin S.Si., M.Si**, Ibu **Ria Reski Hamzah, S.Pd. M.Si.**, Ibu **Zri Selviani S.Si., M.Sc** dan dosen lainnya yang telah mencurahkan tenaga, pikiran serta bimbingannya dalam memberikan berbagai ilmu pengetahuan di bangku kuliah serta kepada staf administrasi jurusan fisika ibu **Hadiningsi S.E.**
6. Bapak **Muhtar S.T., MT**, Bapak **Abdul Mun'im S.T., MT.**, Kak **Ahmad Yani S. Si**, Kak **Nurhaisah, S.Si** sebagai laboran yang telah membantu di laboratorium Fisika Fakultas Sains dan Teknologi.
7. Para Laboran dari jurusan dan universitas lain yang membimbing dan membantu dalam menyelesaikan penelitian, Kak **Nuraini, S.Si** selaku Laboran di Lab.

Kimia Organik Fakultas Sains dan Teknologi, Kak **Kharisma Noor Afifah** selaku Laboran di Lab. Mikrostruktur FMIPA UNM dan Pak **Sugen** selaku Laboran di Lab. Kimia Terpadu FMIPA UNHAS.

8. Bapak dan Ibu Biro Akademik yang ada dalam lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi yang selalu siap dan sabar melayani penulis dalam pengurusan berkas akademik.
9. Adinda **Nurjannah R, Sri Asri Wanti, Erwin Akbar** dan keluarga, serta keluarga besar dari ayah dan ibu yang senantiasa memberikan doa, bantuan dan semangat yang luar biasa sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini.
10. Terkhusus kepada Tim DSSC **Arni Alimuddin, Yulia Kirana Lahsmin, Mu'arif HR, dan Ardian**, yang telah memberikan bantuan, tenaga, pikiran dan semangat serta menjadi teman sekaligus rekan kerjasama yang baik selama penelitian sampai penyusunan Skripsi ini.
11. Teman-teman “Radiasi 2012” , **Nursakinah, Nurhalim, Tamrin, Baharuddin, Asmal Asyuni Azis, Ahmad Subhan, Muh. Agus Budiawan, St. Nurjannah, Nurfadillah Sophyan, Muh. Syam Arianto, Bahtiar, Muh. Akbar, Amir Rahman** dan teman-teman yang tak sempat saya sebutkan namanya, atas kebersamaannya selama 4 tahun lebih yang telah banyak membantu selama masa studi dan terlebih pada masa penyelesaian Skripsi ini. Kakak-kakak Jurusan fisika angkatan 2009, 2010, dan 2011 dan adinda-adinda angkatan 2013, 2014, 2015 dan 2016 serta keluarga besar Himpunan Jurusan Fisika (HMJ-F).

12. Teman-teman KKN angk. 51 Desa Moncongke Kec. Manuju Kab. Gowa, **Abdurrahman Hassiddiq, Amar Ma'ruf, Nurhidayat, Syahraeni, Titi J, Sari, Muthaharah Syaiyidah, Muh. Syam,** dan lain-lain.
13. Teman-teman tercinta, **Rahmayanti, Nur jayanti, Khairunnisa HS, St. Saerah, Fitriyani Amd. Keb., Fisdayanti, M. Irsyad Darajat. Syahrial Ramadhan, S.Pd., Mawardi, S.IP, Ahmad Asyari, S.Pd., Humriani, S.E** dan lain-lain yang telah setia mendengar semua keluhan kesah Penulis selama menjadi mahasiswa, senantiasa memberikan doa dan menyemangati Penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Terlalu banyak orang yang berjasa kepada Penulis selama menempuh pendidikan di UIN Alauddin Makassar sehingga tidak sempat dan tidak dapat Penulis cantumkan satu persatu. Penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya semoga bernilai ibadah dan amal jariyah. “Amin Ya Rabbal Alamin”.

Samata-Gowa, 07 November 2016
Penyusun

IRWAN AFANDI
NIM: 60400112047

DAFTAR ISI

Halaman

SAMPUL HALAMAN

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI..... i

LEMBAR PENGESAHANii

KATA PENGANTAR iii-vii

DAFTAR ISI viii-x

DAFTAR GAMBAR..... xi

DAFTAR TABELxii

DAFTAR GRAFIKxiii

DAFTAR SIMBOLxiv

ABSTRAK xv

ASDTRACT..... xvi

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1. Latar Belakang..... 1

1.2. Rumusan Masalah.....4

1.3. Tujuan Penelitian4

1.4. Ruang Lingkup4

1.5. Manfaat Penelitian 5

BAB II TINJAUAN TEORETIS6

2.1. Energi Matahari6

2.2. Sel Surya (Solar Cell) 7

2.2.1. Sel Surya Silikon.....8

2.2.2. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC).....8

2.3. Prinsip Kerja DSSC 9

2.4. Material DSSC..... 11

2.4.1. Substrat 11

2.4.2. Elektroda	12
2.4.3. Elektrolit.....	13
2.4.4. Counter Elektroda	14
2.4.5. Dye Sensitizer	14
2.5. Klorofil sebagai Dye.....	15
2.6. Sirsak sebagai Dye Sensitizer.....	16
2.6.1. Buah Sirsak	17
2.6.2. Daun Sirsak	20
2.7. Efisiensi dan Stabilitas Solar Cell (DSSC).....	24
2.8. Metode Pendeposisian DSSC	27
2.8.1. Metode Konvensional (<i>Doctor Blade</i>).....	27
2.8.2. Metode Spin Coating	27
2.9. Spektrotometer Ultraviolet Violet Visible (UV-Vis)	28
2.10. Scanning Electron Microscopy (SEM).....	29
2.11. Termokopel.....	30
2.12. Lux Meter	30
2.13. Multimeter	31
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	32
3.2. Alat dan Bahan	32
3.2.1. Alat.....	32
3.2.2. Bahan	34
3.3. Prosedur Kerja	34
3.4. Bagan Alir	42
3.5. Jadwal Penelitian	43
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	44

4.1. Nilai Absorbansi dan Panjang Gelombang Dye dari Ekstrak Daun dan Buah Sirsak	44
4.2. Nilai Arus dan Tegangan beserta Indikator Intensitas dan Suhu pada Sel Surya DSSC Zat Warna Ekstrak Daun dan Buah Sirsak	47
4.3. Nilai Efisiensi <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> dengan Menggunakan Dye dari Ekstrak Daun dan Buah Sirsak.....	48
4.4. Morfologi dari Permukaan TiO_2 yang Terlapisi Dye dari Ekstrak Daun dan Buah Sirsak	52
BAB V PENUTUP.....	55
5.1. Kesimpulan.....	55
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57-62
LAMPIRAN-LAMPIRAN	
LAMPIRAN 1 DATA PENELITIAN.....	L1-L6
LAMPIRAN 2 KURVA J-V	L7-L15
LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN EFISIENSI DSSC.....	L16-L20
LAMPIRAN 4 HASIL UJI UV-Vis	L21-L22
LAMPIRAN 5 HASIL UJI SEM	L23-L24
LAMPIRAN 6 DOKUMENTASI PENELITIAN.	L25-L34
LAMPIRAN 7 PERSURATAN & SK	
RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC)	9
Gambar 2.2 Prinsip Kerja <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC)	10
Gambar 2.3 Struktur Molekular dalam Klorofil	16
Gambar 2.4 Buah Sirsak	17
Gambar 2.5 Daun Sirsak	20
Gambar 2.6 kurva J-V (DSSC)	24
Gambar 3.1 Hasil pelapisan TiO ₂ pada kaca ITO sebagai elektroda kerja	37
Gambar 3.2 (a) Hasil perendaman Lapisan TiO ₂ pada larutan dye daun sirsak.....	37
(b) Hasil perendaman Lapisan TiO ₂ pada larutan dye buah sirsak	37
Gambar 3.3 hasil pelapisan karbon pada kaca ITO sebagai elektroda pembanding ...	38
Gambar 3.4 (a) Bagian sisi DSSC yang dijepit pada sampel daun sirsak.....	38
(b) Bagian sisi DSSC yang dijepit pada sampel buah sirsak	38
Gambar 3.5 (a) Rangkaian uji arus dan tegangan DSSC	39
(b) foto rangkaian uji.....	39
Gambar 4.1 (a) Hasil Ekstraksi daun sirsak	44
(b) Hasil Ekstraksi buah sirsak	44
Gambar 4.2 Morfologi permukaan TiO ₂ yang dilapisi zat warna dari ekstrak daun sirsak pada perbesaran (a) skala 20 µm dan (b) skala 5 µm	52
Gambar 4.3 Morfologi permukaan TiO ₂ yang dilapisi zat warna dari ekstrak daun sirsak pada perbesaran (a) skala 20 µm dan (b) skala 5 µm	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kandungan gizi yang terdapat pada sirsak.....	18
Tabel 2.2 Hasil Kromatografi Lapis Tipis (KLT) pada ekstrak etil asetat daging buah sirsak	19
Tabel 2.3 Kandungan kuantitatif jenis senyawa pada daun sirsak.....	20
Tabel 2.4 Skala spektrum cahaya tampak	29
Tabel 3.1 Pengamatan uji Spektrofotometer UV-Vis	36
Tabel 3.2 Pengamatan uji DSSC dengan menggunakan ekstrak daun sirsak	40
Tabel 3.3 Pengamatan uji DSSC dengan menggunakan ekstrak buah sirsak	40
Tabel 4.1 Nilai absorbansi dan panjang gelombang dari ekstrak daun sirsak	46
Tabel 4.2 Nilai absorbansi dan panjang gelombang dari ekstrak buah sirsak	47
Tabel 4.3 Nilai arus dan tegangan beserta indikator Intensitas dan suhu pada sel surya DSSC zat warna ekstrak daun dan buah sirsak.....	48
Tabel 4.4 Hasil Analisis Efisiensi sel surya DSSC zat warna ekstrak daun dan buah sirsak	48

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1 Hasil analisa UV-Vis zat warna dari ekstrak daun sirsak.....	45
Grafik 4.2 Hasil analisa UV-Vis zat warna dari ekstrak buah sirsak.....	46
Grafik 4.4 Kurva hubungan J-V daun sirsak.....	49
Grafik 4.5 Kurva hubungan J-V buah sirsak.....	50

DAFTAR SIMBOL

	Satuan
J : Kerapatan arus	mA/cm^2
I : Arus yang dihasilkan sel	mA
A : Luasan sel surya	cm^2
J_{maks} : Kerapatan arus maksimum	mA/cm^2
V_{maks} : Tegangan maksimum	V
J_{sc} : Kerapatan Arus pada saat kondisi <i>Short Sircuit</i>	mA/cm^2
V_{oc} : Tegangan pada saat kondisi <i>Open Circuit</i>	V
P_{Out} : Daya yang dihasilkan sel	mW/cm^2
P_{In} : Daya dari intensitas cahaya matahari	W/cm^2
I_0 : insiden fluks cahaya	mW/cm^2
η : Efisiensi	%
FF : <i>Fill Factor</i>	

ABSTRAK

Nama : IRWAN AFANDI
NIM : 60400112047
Judul Skripsi : STUDI AWAL FABRIKASI *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC) DARI EKSTRAK BUAH DAN DAUN SIRSAK (*ANNONA MURICATA L*) SEBAGAI FOTOSENSITIZER

Telah dilakukan penelitian tentang Studi Awal Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dari Ekstrak Buah dan Daun Sirsak (*Annona Muricata L*) sebagai Fotosensitizer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar efisiensi yang dihasilkan dari penggunaan ekstrak buah dan daun sirsak pada DSSC. Metode Pendeposisian yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *Doctor blade*. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, efisiensi DSSC dari penggunaan ekstrak daun sirsak adalah sebesar 0,00104% dengan spektrum serapan dye pada daerah UV dari rentang 241 nm – 399,5 nm sedangkan untuk daerah *Visible* 502,5 nm – 664,5 nm, penyerapan panjang gelombang tertinggi terdapat pada 290 nm dengan absorbansi sebesar 5,373. Sedangkan untuk sampel buah sirsak yaitu sebesar 0,005832% dengan spektrum serapan dye hanya terdapat pada daerah UV dari rentang 245,5 nm – 289,5 nm, penyerapan panjang gelombang tertinggi terdapat pada 289,5 nm dengan absorbansi sebesar 5,434. Efisiensi dye dari ekstrak buah sirsak lebih tinggi dari daun sirsak.

Kata kunci: DSSC, *Annona muricata L*, *Doctor blade*, Absorbansi, Efisiensi.

ABSTRACT

Name : IRWAN AFANDI
NIM : 60400112047
Thesis title : THE INITIAL STUDY ON FABRICATION DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) OF THE FRUIT EXTRACT FROM AND LEAVES OF THE SOURSOP (*ANNONA MURICATA L*) AS PHOTSENSITIZER

Was research on the study of early fabrication of Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) from extract fruit and Leaf soursop (*Annona muricata L*) as photosensitizers. This study aims to find great efficiency resulting from the use of extracts of the fruit and leaves of the soursop in DSSC. Deposition method used in this research is the method of *Doctor blade*. Based on the results obtained from this study, DSSC efficiency of the use of soursop leaf extract is equal to 0.00104% with dye absorption spectrum in the UV region of the range 241 nm - 399.5 nm while for Visible area 502.5 nm - 664.5 nm, absorption is highest wavelength at 290 nm with the absorbance of 5.373. As for the sample of soursop fruit is in the amount of 0.005832% with dye absorption spectrum is found only in the UV region of the range of 245.5 nm - 289.5 nm, the wavelength of absorption is highest at 289.5 nm with the absorbance of 5.434. The efficiency of the dye higher soursop fruit extract from the leaves of the soursop.

Key words: *DSSC, Annona muricata L, Doctor blade, Absorbance, Efficiency.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan energi dunia semakin lama semakin bertambah. sebagian besar energi tersebut berasal dari energi fosil seperti bahan bakar minyak yang jumlahnya semakin lama semakin menipis dan sewaktu-waktu bisa habis karena tidak dapat diperbaharui. Dengan menipisnya cadangan energi fosil ini, Negara-negara di dunia sedang berlomba-lomba mengembangkan energi alternatif yang dapat diperbaharui khususnya di Indonesia sendiri.

Beberapa sumber energi yang dapat diperbaharui seperti tenaga angin, tenaga air (*hydro power*), biomassa dan penggunaan energi melalui sel surya (*solar cell*) merupakan alternatif yang cukup menjanjikan. Sel surya merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik.

Salah satu jenis sel surya yang sedang dikembangkan adalah *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC), yaitu sel surya yang berbasis fotoelektrokimia yang pertama kali ditemukan oleh Profesor Michael Gratzel (1991) yang telah menjadi topik penelitian intensif oleh peneliti diseluruh dunia. DSSC disebut juga terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silikon. Meskipun Efisiensi DSSC masih lebih rendah dari pada efisiensi sel surya silikon, namun pembuatan DSSC lebih ramah

lingkungan, murah, dan bahannya mudah diperoleh dari alam jika dibandingkan dengan sel surya silikon.

Sebuah DSSC terdiri dari elektroda semikonduktor bernanokristalin penyerap warna, elektroda counter, dan elektroda yang mengandung ion iodida dan triiodida. *Sensitizer* mempunyai peranan penting dalam menyerap sinar matahari dan mengubah energy matahari menjadi energi listrik. Efisiensi tertinggi DSSC terdapat pada Ru Complex N719 yang mencapai 11-12 % (Zhou, dkk, 2011). Namun *dye* dari *Ruthenium Complex* ini termasuk zat pewarna sintesis yang cukup mahal. Sedangkan *dye* alami dapat di ekstrak dari bagian-bagian tumbuhan seperti daun, bunga dan buah (Dewi, dkk, 2010).

Zat warna berfungsi sebagai penyerap radiasi matahari dan semikonduktor celah lebar seperti (Titanium Dioksida) TiO_2 sebagai transport pembawa muatan. Pigmen dengan karakter serapan elektronik yang lebar di daerah cahaya tampak dari spektrum cahaya matahari secara teoritis akan menyerap radiasi matahari dalam jumlah lebih banyak dan merupakan sensitizer yang baik (Kartini, dkk, 2008).

Pada penelitian DSSC sebelumnya telah dilakukan pada berbagai macam *dye sensitizer* (zat pewarna alami) dari berbagai ekstrak bahan organik baik antosianin, cyanin, xantofil, tanin, maupun klorofil. Penggunaan Antosianin sebagai *dye* lebih dulu dan telah banyak dikembangkan seperti Kol Merah (Maddu, dkk, 2007), Buah Buni (Pangestuti, 2009), Kulit Manggis (Zhou, dkk, 2010), Kulit Terong Ungu (Astuti, 2012), Ubi Jalar Ungu (Susmiyanto, 2013), Jahe Merah (Ekasari, 2013), buah Strawberry (Misbachudin, 2013). Selain Antosianin dilakukan juga penelitian

terhadap klorofil pada beberapa Jenis daun Tumbuhan Seperti Daun Suji (Darmawan, dkk, 2014), Daun Bayam (Kumara, dkk, 2012) , Daun Cincau (Prananto, dkk, 2013), Daun Jarak pagar dan daun Pepaya (Pramono, dkk, 2014), namun nilai efesiensi yang dihasilkan dari bahan-bahan tersebut masih terhitung rendah. Efesiensi yang tertinggi dari berbagai penelitian adalah kulit manggis yaitu 1,17 % (Zhou, dkk, 2010), Namun manggis termasuk tanaman musiman sehingga pemanfaatannya pada DSSC masih kurang maksimal. Penelitian terbaru oleh sakthivel (2015) yang menemukan efesiensi sebesar 1,39% pada daun pacar kuku. Penelitian mengenai DSSC tentang terus berkembang khususnya *dye* dari klorofil, mengingat klorofil terdapat pada daun tumbuhan sehingga mudah diperoleh dan jumlahnya yang sangat memadai.

Salah satu jenis tumbuhan yang kaya akan kandungan klorofil adalah daun dari tanaman sirsak (*Annona muricata L.*). Buahnya mengandung banyak serat, karbohidrat, vitamin dan mineral, sedangkan daunnya mengandung senyawa *asetogenin, tanin, fitosterol, kalsium oksalat, alkaloid murisin, flavonoida* dan *steroida* (Suranto, 2011). Pada daun sirsak terdapat dua pigmen yang dapat dijadikan pewarna alami yaitu klorofil yang menghasilkan warna hijau dan senyawa tanin yang memberikan warna kuning kejinggaan. Warna hijau dapat menyerap warna cahaya ungu (400-435 nm) sedangkan warna kuning kejinggaan dapat menyerap warna cahaya biru (435-490 nm) (Kumara, dkk, 2012: 5). Peneliti telah mendapatkan efisiensi konversi energi yang lebih baik pada turunan *dyes klorofil* (zat pewarna dari klorofil) tersebut karena memiliki gugus *carboxylate* (Wang, dkk, 2007: 4).

Berdasarkan uraian di atas Penulis tertarik meneliti ekstrak buah dan daun sirsak sebagai bahan *dye sensitizer* pada pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell*. Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan efesiensi yang baik dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik alternatif pada masa mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah seberapa besar efesiensi yang dihasilkan dari penggunaan ekstrak buah dan daun sirsak pada *Dye Sensitized Solar Cell*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar efesiensi yang dihasilkan dari penggunaan ekstrak buah dan daun sirsak pada *Dye Sensitized Solar Cell*.

1.4 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini ada beberapa batasan objek permasalahan yang akan diteliti yaitu :

1. Jenis substrat yang digunakan pada penelitian ini adalah ITO (*Indium Transparent Oxide*) tipe XY100T dengan ukuran 20 mm × 20 mm dan tebal 1,1 mm.
2. Material Semikonduktor yang digunakan adalah TiO₂ sebagai Elektroda.
3. Elektrolit yang digunakan adalah Iodide (I⁻) dan Triiodide (I₃⁻) sebagai pasangan redoks dalam pelarut.
4. Katalis counter elektroda yang digunakan adalah carbon
5. Dye Sensitizer yang digunakan adalah klorofil dan tanin dari ekstrak buah dan daun sirsak (*Annona muricata L*).

6. Metode deposisi pelapisan elektroda dan counter elektroda yang dilakukan adalah *doctor blade* (konvensional)
7. Uji karakteristik yang dilakukan Ekstraksi bahan, Uji Uv-vis dan Uji SEM.
8. Pengukuran Variabel-variabel fisis yang dilakukan adalah arus, tegangan, suhu, kelembaban dan Intensitas cahaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi tentang cara pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell* sebagai sarana alternatif dalam pemanfaatan energi dari sinar matahari sebagai energi yang terbaharukan.
2. Menghasilkan sel surya dengan memanfaatkan bahan-bahan organik yang ramah lingkungan, murah, dan mudah diperoleh di lingkungan sekitar.

BAB II

TINJAUAN TEORETIS

2.1 Energi Matahari

Matahari memberikan peranan yang sangat penting bagi manusia karena memberikan panas dan cahaya. Tanpa energi yang sampai ke bumi melalui ruang angkasa, tidak akan ada kehidupan flora dan fauna dan satwa di planet ini. Energi dari kebanyakan sumber energi pengganti, seperti angin, pada mulanya berasal dari matahari. Energi surya yang tersimpan dalam tanaman jutaan tahun silam juga yang terlepas ketika bahan bakar fosil dibakar. Bumi hanya menerima sedikit dari energi surya yang amat besar jumlahnya. Matahari mengeluarkan energi berjumlah besar, yang mengandung massa sehingga berat matahari berkurang jutaan ton setiap detik (Mujiyanto, 2000: 48).

Energi yang dipancarkan oleh matahari disebut juga energi surya. Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari. Saat ini, energi dari matahari telah banyak dimanfaatkan di berbagai bidang dan serangkaian teknologi seperti pemanas surya, fotovoltaiik surya, listrik panas surya dan lain sebagainya. Menurut Badan Energi Internasional bahwa perkembangan teknologi energi surya yang terjangkau, tidak habis, dan bersih akan memberikan keuntungan jangka panjang yang besar. Perkembangan ini akan meningkatkan keamanan energi negara-negara melalui pemanfaatan sumber energi yang sudah ada, tidak habis, dan tidak tergantung pada impor, meningkatkan kesinambungan, mengurangi polusi,

mengurangi biaya mitigasi perubahan iklim, dan menjaga harga bahan bakar fosil tetap rendah dari sebelumnya (International Energi Agency, 2011).

Energi matahari yang diterima oleh bumi hanya 69% dari total energi pancaran energi matahari. Sedangkan suplay energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi mencapai 3×10^{24} joule pertahun, energi ini setara dengan 2×10^{17} Watt. Jumlah energi tersebut setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0.1% saja permukaan bumi dengan perangkat solar sel yang memiliki efisiensi 10% sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia (Yuliarto, 2006).

2.2 Sel Surya (Solar Cell)

Sel surya sering juga disebut photovoltaik (PV). Kata *photovoltaic* terdiri dari dua kata yaitu *photo* dan *volta*. *Photo* yang berarti cahaya (dari bahasa Yunani yaitu *phos*, *photos*: cahaya) dan *volta* (berasal dari nama seorang fisikawan Italia yang hidup antara tahun 1745-1827 yang bernama Alessandro Volta) yang berarti unit tegangan listrik. Jadi Sel Surya atau *photovoltaik* adalah sebuah peralatan yang mengubah energi matahari menjadi energi surya (Quaschning, 2005).

Berdasarkan perkembangannya sel surya dibedakan menjadi tiga, yaitu pertama sel surya yang terbuat dari silikon kristal tunggal dan silikon multikristal, yang kedua adalah sel surya tipe lapis tipis (*thin film solar cell*) dan yang ketiga adalah sel surya organik atau sel surya tersensitisasi zat warna atau juga disebut dengan *Dye Sensitized Solar Cell* (Ningsih, dkk, t.th).

2.2.1 Sel Surya Silikon

Sel surya silikon merupakan sel surya konvensional dimana semua proses melibatkan material silikon itu sendiri. Sel surya ini jenis ini memiliki biaya proses produksi yang relatif rendah karena memerlukan material dengan kemurnian tinggi sehingga biaya proses produksinya yang mahal (Nadeak, 2012).

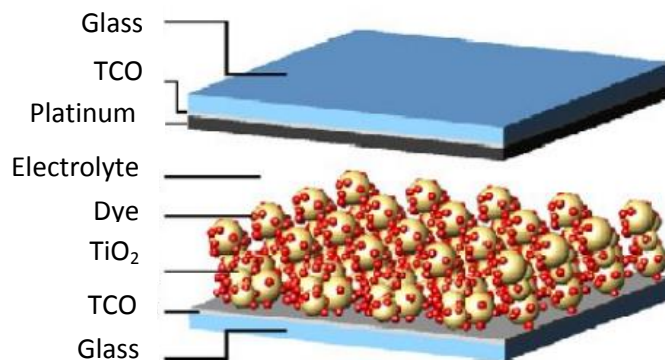
Prinsip kerja sel surya silikon adalah berdasarkan konsep semikonduktor *p-n junction*. Pada sel surya terdapat *junction* antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing-masing diketahui sebagai semikonduktor jenis p (positif) dan semikonduktor jenis n (negatif). Efisiensi sel surya silikon yang dapat mencapai 17-25%. Namun demikian pembuatan sel surya silikon masih tidak ramah lingkungan dan proses perakitannya yang tidak sederhana menjadi suatu kendala. Selain itu, sel surya konvensional jenis silikon ini memiliki keterbatasan suplay bahan baku silikonnya. Ini dapat dipahami karena harga silikon meningkat seiring dengan permintaan industri semikonduktor (Hardeli dkk, 2013).

2.2.2 Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)

Sel surya tersintesis zat warna (*Dye Sensitized Solar Cell*, DSSC) adalah salah satu jenis sel surya yang terbuat dari tiga komponen utama yaitu elektroda kerja (*working electrode*), elektroda lawan (*counter electrode*) dan larutan elektrolit. Elektroda kerja yang biasanya digunakan berupa lapisan tipis TiO_2 nanopartikel pada substrat kaca transparan. Permukaan lapisan TiO_2 nanopartikel tersebut dilapisi oleh zat warna yang berfungsi sebagai *sensitizer*, yaitu bahan yang dapat menyerap cahaya matahari dalam daerah serapan yang lebar (Gratzel, 2003).

Dye Sensitized Solar Cell ini pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 di *École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Swiss*. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan intensif oleh peneliti di seluruh dunia. DSSC merupakan terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silikon (Smestad dan Gratzel, 1998).

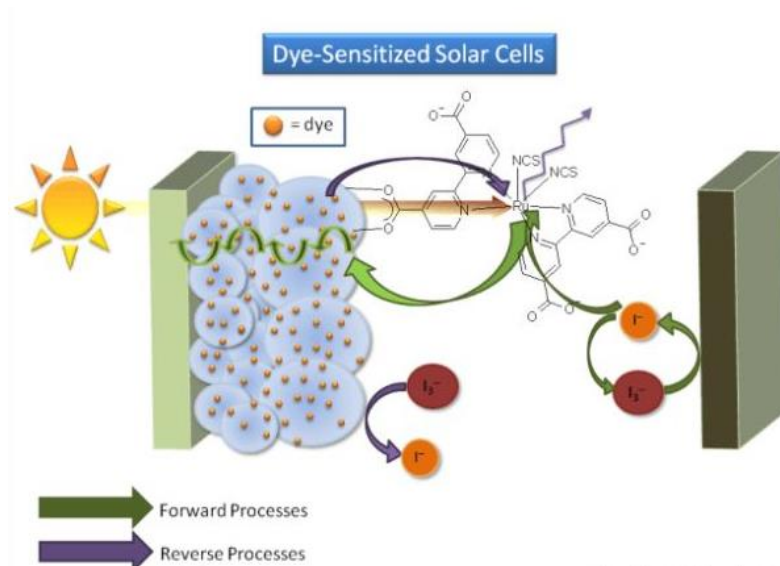
DSSC terbagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari nanopartikel TiO_2 , molekul dye yang teradsorpsi di permukaan TiO_2 , larutan elektrolit dan katalis yang semuanya dideposisi diantara dua kaca konduktif, seperti terlihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Struktur Dye-Sensitized Solar Cell
(sumber : Sastrawan, 2006).

2.3 Prinsip Kerja DSSC

Prinsip dasar kerja pada DSSC yaitu pada saat *foton* dari sinar matahari menimpa elektroda pada DSSC, energi foton tersebut diserap oleh larutan *dye* yang melekat pada permukaan lapisan TiO_2 . Prinsip kerja DSSC dapat diilustrasikan seperti gambar 2.2:



Gambar 2.2: ilustrasi cara kerja DSSC
(Sumber: Photochemystri.wordpress.com)

Setelah energi foton tersebut diserap oleh larutan *dye* maka elektron dari *dye* memperoleh energi untuk dapat tereksitasi (D^*).



Elektron yang tereksitasi dari molekul *dye* tersebut akan diteruskan ke pita konduksi TiO₂ yang berfungsi sebagai akseptor/kolektor elektron. Molekul *dye* yang ditinggalkan kemudian akan teroksidasi (D^+).



Selanjutnya elektron akan ditransfer melewati rangkaian luar menuju *counter elektroda* (elektroda yang dilapisi karbon). Elektrolit redoks biasanya berupa pasangan iodide dan triiodide (I^-/I_3^-) yang berfungsi sebagai mediator elektron yang dapat menghasilkan proses siklus dalam sel. Triiodida dari elektrolit yang terbentuk akan menangkap elektron dengan bantuan molekul karbon sebagai katalis. Elektron

yang tereksitasi masuk kembali ke dalam sel dan bereaksi dengan elektrolit menuju dye teroksidasi. Elektrolit menyediakan elektron pengganti untuk molekul dye teroksidasi. Sehingga dye kembali ke keadaan awal dengan persamaan reaksi (Gratzel, M. 1991):



Beda potensial yang dihasilkan oleh sel surya DSSC berasal dari perbedaan tingkat energi konduksi elektroda semikonduktor TiO_2 dengan potensial elektrokimia pasangan elektrolit redoks (I^-/I_3^-). Sedangkan arus yang dihasilkan dari sel surya ini terkait langsung dengan jumlah *foton* yang terlibat dalam proses konversi dan bergantung pada intensitas penyinaran serta kinerja *dye* yang digunakan (Li B, dkk, 2006).

2.4 Material DSSC

2.4.1 Substrat

Substrat pada DSSC adalah lapisan film tipis (*thin film*) transparan yang bersifat konduktif. Substrat yang digunakan pada DSSC yaitu jenis TCO (*Transparent Conductive Oxide*) yang merupakan kaca transparan konduktif. Material substrat itu sendiri berfungsi sebagai badan dari sel surya dan lapisan konduktifnya berfungsi sebagai tempat muatan mengalir (Kumara, dkk, 2012: 2).

TCO yang sering digunakan antara lain *indium tin oxide* (ITO), *aluminium zinc oxide* (AZO) dan *fluorene thin oxide* (FTO) karena memiliki konduktivitas listrik yang baik. Jenis TCO yang paling sering digunakan dalam industry dan laboratorium adalah ITO karena memiliki transmitansi yang tinggi, namun kelangkaan indium menyebabkan biaya materialnya yang tinggi. Sedangkan FTO memiliki stabilitas

yang baik pada suhu tinggi dan biaya yang rendah dibanding ITO, tetapi transmitansinya lebih rendah dari ITO (Yen dan Chen, 2010)

Perbedaan yang lainnya yaitu FTO terbuat dari SnO_2 resistivitasnya jauh lebih tinggi dari pada ITO yang merupakan campuran dari SnO_2 dan In_2O_3 . Adapun perbandingan Sn : In sekitar 5 : 96. Keunggulan dari ITO adalah resistivitasnya rendah (Wirjoadi dan Bambang, 2007).

ITO dan FTO merupakan jenis substrat paling umum digunakan, karena dalam proses pelapisan material pada substrat diperlukan proses sintering pada suhu 400^0 - 500^0C dan kedua material tersebut cocok karena tidak mengalami *defect* pada range suhu tersebut (Khoiruddin, 2012 : 12).

2.4.2 Elektroda

Elektroda yang terdapat pada DSSC adalah suatu bahan oksida semikonduktor yang tahan terhadap sifat korosi. Semikonduktor yang sering digunakan adalah TiO_2 . Pada aplikasi sel surya, TiO_2 yang digunakan umumnya berfase anatase yang memiliki energi bandgap 3,2 eV (Zahrok, dkk, 2015).

Selain memiliki bandgap yang lebar TiO_2 juga memiliki transmisi optik yang baik. Pada umumnya TiO_2 yang digunakan adalah yang berfase anatase karena mempunyai kemampuan fotoaktif yang tinggi. TiO_2 yang berstruktur nanopori dapat menaikkan kinerja sistem karena struktur nanopori mempunyai karakteristik luas permukaan yang tinggi sehingga akan menaikkan jumlah dye yang teradsorb yang implikasinya akan menaikkan jumlah cahaya yang terserap (Kumara, dkk, 2012: 3).

Selain TiO_2 , semikonduktor yang umum digunakan untuk aplikasi DSSC antara lain ZnO , Fe_2O_3 , CdSe , CdS , WO_3 dan Nb_2O_5 dapat bertindak sebagai sensitizer untuk proses redoks (Halme, 2002).

2.4.3 Elektrolit

Elektrolit merupakan salah satu bagian dari DSSC. pada aplikasi DSSC sendiri elektrolit berfungsi menggantikan kehilangan elektron pada pita HOMO dari dye akibat eksitasi elektron dari pita HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*) ke pita LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*) karena penyerapan cahaya tampak oleh dye (Khoiruddin, 2012).

Elektrolit terdiri dari pasangan redoks sangat penting dalam menentukan karakteristik dan daya tahan DSSC. Elektrolit yang sering digunakan pada DSSC adalah pasangan elektrolit Iodida (I^-) dan triiodida (I_3^-) sebagai elektrolit karena sifatnya yang stabil dan mempunyai *reversibility* yang baik (Wang, dkk, 2007: 5).

Kecepatan reaksi redoks akan menentukan kerja DSSC. Pada umumnya, elektrolit yang digunakan dalam DSSC adalah pelarut berbentuk cair yang mengandung sistem redoks yaitu pasangan yaitu pasangan I/I_3^- . Selama ini, efisiensi konversi foton menjadi arus listrik untuk sel surya DSSC yang menggunakan elektrolit cair memberikan efisiensi sebesar 11% (Gratzel, 2003). Selain itu elektrolit redoks hanya mengandalkan pasokan iodin dari kristal cair ionik yang menggunakan iodida sebagai anionnya (Chen, dkk, 2012).

Selain elektrolit cair, terdapat juga elektrolit dalam bentuk padat, yaitu elektrolit berbasis gel polimer PEG (*polyethylene glycol*) yang mengandung kopel redoks (I/I_3^-) sebagai pengganti elektrolit cair, karena penggunaan elektrolit cair memiliki stabilitas yang rendah, terutama akibat degradasi dan mudah mengalami kebocoran. Elektrolit padat berbasis gel polimer PEG memiliki stabilitas dan daya tahan yang cukup baik pada perangkat sel surya DSSC tetapi efisiensi yang

dihasilkan kurang maksimal jika dibandingkan dengan elektrolit cair (Maddu, dkk, 2007 : 80).

2.4.4 Counter Elektroda

Counter Elektroda (Elektroda Pembanding) merupakan salah satu material yang sangat penting dalam pembuatan DSSC. Counter elektroda berperan sebagai katalis yang berfungsi untuk mempercepat kinetika reaksi proses reduksi triiodide pada TCO. Material yang umum digunakan pada DSSC sebagai katalis adalah platina atau karbon.

Platina memiliki efisiensi katalitik yang tinggi, namun platina merupakan material yang mahal. Sebagai alternatif, Kay dan Gratzel mengembangkan desain DSSC dengan menggunakan *counter-elektroda* karbon sebagai lapisan katalis. Karbon termasuk senyawa amorph, kemampuan karbon menyerap karena permukaannya berpori. Karena luas permukaannya yang tinggi, counter-elektroda karbon mempunyai keaktifan reduksi triiodide yang menyerupai elektroda platina (Astuti, 2012).

2.4.5 Dye Sensitizer

Dye Sensitizer (zat pewarna) adalah molekul yang berfungsi menangkap foton berupa cahaya tampak dari matahari, kemudian diabsorpsi pada permukaan molekul TiO_2 . Sejauh ini, dye sensitizer yang telah digunakan terdiri dari pewarna alami dan pewarna sintesis. Walaupun DSSC komersial dengan menggunakan dye sintesis yaitu jenis *ruthenium complex* telah mencapai efisiensi maksimal yaitu 10%, namun ketersediaan dan harganya yang mahal dan sulit disintesa membuat adanya alternatif

lain pengganti dye jenis ini yaitu dye alami yang dapat diekstrak dari bagian-bagian tumbuhan seperti daun, bunga, atau buah (Maddu, dkk, 2007: 78).

Jenis dye alami memiliki energi ikat rendah dengan TiO_2 dan transfer muatan yang juga rendah di seluruh daerah cahaya tampak. Dye organik sangat murah, mudah di preparasi serta ramah lingkungan jika dibanding dengan jenis dye sintesis seperti *ruthenium complex* (Hao, dkk, 2004).

Adapun jenis-jenis zat yang dapat memberikan pigmen warna pada tumbuhan yaitu :

1. Antosianin, yaitu senyawa yang mampu menyerap cahaya matahari dengan baik, antosianin inilah yang menyebabkan warna merah dan ungu pada banyak buah dan bunga (Halme, 2002).
2. *Beta-Carotene*, yaitu pigmen yang mempunyai dua fungsi antara lain pigmen pembantu dalam proses fotosintesis dan pemberi warna kuning kemerahan pada bunga, daun, buah dan sayuran (Khoiruddin, dkk, 2012)
3. Tanin, yaitu senyawa yang memberi pigmen warna kuning Kejinggaan.
4. Xantofil, yaitu pigmen kuning grup karotenoid pada daun.
5. Klorofil, yaitu pigmen warna hijau dan paling banyak ditemukan pada tumbuhan hijau dan menjadi penyerap utama cahaya tampak penyinaran yang menyatu dalam daun untuk melakukan fotosintesis.

2.5 Klorofil sebagai Dye

Klorofil adalah pigmen pemberi warna hijau pada tumbuhan. Senyawa ini yang berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan dengan menyerap dan mengubah tenaga cahaya menjadi tenaga kimia. Klorofil adalah pigmen utama dalam

Tumbuhan ini dapat tumbuh di sembarang tempat, paling baik ditanam di daerah yang cukup berair. Di Indonesia sirsak dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian 1000 m dari permukaan laut (Anonim, 2008).

2.6.1 Buah Sirsak

Buah sirsak berukuran cukup besar yaitu 20–30 cm dengan berat mencapai 2,5 kg. struktur buah sirsak yaitu di dalam daging buah terdapat biji tunggal yang saling berhimpitan dan kehilangan batas antar buah. Daging buah sirsak berwarna putih dan memiliki biji berwarna hitam. Bentuk buah sirsak seperti pada Gambar 2.3 Berikut.



Gambar 2.4 :Buah sirsak

(Sumber : http://farm3.staticflickr.com/2727/4117395680_59ed2731f9.jpg)

Sirsak memiliki kandungan gizi yang cukup lengkap, kandungan zat gizi dan serat pangan buah sirsak per 100 gram dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 : Kandungan gizi yang terdapat pada sirsak

Nama Gizi	Nilai Gizi / 100 gr		
	1	2	3
Energi	65,00 kkal	65,00 kkl	59,00 kkl
Protein	1,00 gr	1,00 gr	1, 00 gr
Lemak	0,30 gr	0,30 gr	0,20 gr
Karbohidrat	16,30 gr	16,30 gr	15,10 gr
Kalsium	14,00 mg	14,00 mg	14,00 mg
Fosfor	27,00 mg	27,00 mg	21,00 mg
Serat	2,00 gr	-	0,60 gr
Besi	0,60 mg	0,60 mg	0,50 gr
Vitamin A	1,00 RE	10,00 SI	-
Vitamin B1	0,07 mg	0,07 mg	0,08 mg
Vitamin B2	0,04 mg	-	0,10 mg
Vitamin C	20,00 mg	20,00 mg	24,00 mg
Niacin	0,70 mg	-	-
Natrium	14 mg	-	8,00 mg
Kalium	278 mg	-	293 mg
Serat Pangan	3,3 mg	-	-

Keterangan : 1 = Sumber <http://kegunaandaunsirsak.com>

1 = Sumber dari Direktorat Gizi dan Makan Depkes RI

2 = Sumber dari Universitas Pertanian Malaysia

(Radi, 1993 : 15)

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa pada buah sirsak mengandung banyak serat, karbohidrat terutama fruktosa, vitamin C, B1 dan B2 serta mineral dan lain-lain. Selain kandungan gizi, daging buah sirsak mengandung senyawa alkaloid dan flavonoid seperti pada tabel 2.1 berikut

Tabel 2.3 Hasil Kromatografi Lapis Tipis (KLT) pada ekstrak etil asetat daging buah sirsak

Bercak	Rf	Deteksi				Perkiraan Senyawa
		UV 254 Nm	UV 366 nm	Dragendorf (Visual)	Sitroborat (UV 366 nm)	
1	0,25	Pemadaman	-	-	Kuning, Kehijauan	Flavonoid
2	0,28	-	-	Kuning Orange	-	Alkaloid
3	0,32	Pemadaman	Hijau	Kuning Orange	Kuning, Kehijauan	Flavonoid, Alkaloid
4	0,37	-	-	-	-	-
5	0,4	Pemadaman	Hijau	Kuning Orange	Kuning, Kehijauan	Flavonoid, Alkaloid
6	0,5	-	-	-	Kuning, Kehijauan	Flavonoid
7	0,53	-	-	Kuning Orange	Kuning, Kehijauan	Alkaloid

(Aryani, dkk, 2013: 8).

Tabel di atas menunjukkan senyawa yang dihasilkan oleh Ekstrak etil asetat daging buah sirsak dilarutkan dalam metanol. Hasil optimasi berbagai fase gerak didapat etil asetat:kloroform:metanol (5:3:2). Kemudian deteksi KLT dilakukan dengan menggunakan UV 254, UV 366 dan pereaksi-pereaksi semprot seperti Dragendorff, Liebermann-Burchard, FeCl₃, dan Sitroborat. Deteksi dengan pereaksi semprot menunjukkan bahwa ekstrak etil asetat daging buah sirsak mengandung senyawa alkaloid yang terlihat warna kuning orange dengan pereaksi Dragendorff dan flavonoid dengan pereaksi Sitroborat terlihat fluoresensi kuning kehijauan pada UV 366 (Aryani, dkk, 2013: 8).

2.6.2 Daun Sirsak

Daun sirsak berbentuk bulat telur terbalik, berwarna hijau muda sampai hijau tua, dengan tipe pertulangan *brochodrome*, ujung daun meruncing, pinggiran rata dan permukaan daun mengkilap (Radi, 1993 : 12).

Bentuk morfologi daun sirsak dapat dilihat seperti gambar berikut :



Gambar 2.5: Daun Sirsak

(Sumber : <http://daunsirsak.net/wp-content/uploads/2010/11/sirsak2-300x225.jpg>)

Daun Sirsak mengandung senyawa *asetogenin*, *tanin*, *fitosterol*, *kalsium oksalat*, *alkaloid murisin*, *flavonoida* dan *steroida* (Suranto, 2011). Persentase kandungan senyawa-senyawa yang terdapat pada daun sirsak dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.3 Kandungan kuantitatif jenis senyawa pada daun sirsak

No.	Jenis Senyawa Fitokimia	Persentase Kandungan
1.	Flavonoids	9.67 \pm 0.07 %
2.	Saponins	3.50 \pm 0.40 %
3.	Alkaloids	1.20 \pm 0.05 %
4.	Beta-Carotene	6.60 \pm 0.80mg/100g
5.	Ascorbic Acid	8.16 \pm 1.94mg/100g

6.	Reducing sugar	$48.33 \pm 1.20\%$
7.	Tannins	$0.18 \pm 0.07\%$

(Usunomena dan Paulinus, 2015: 39).

Sirsak termasuk tanaman yang kaya akan klorofil. Pada daun sirsak terdapat dua pigmen yang dapat dijadikan pewarna alami yaitu klorofil yang menghasilkan warna hijau dan senyawa tanin yang memberikan warna kuning kejinggaan.

Warna hijau dapat menyerap warna cahaya ungu (400-435 nm) sedangkan warna kuning kejinggaan dapat menyerap warna cahaya biru (435-490 nm) (Kumara, dkk, 2012: 5).

Penelitian yang dilakukan oleh Kurniasih (2015) mengekstrak 5 kg daun sirsak menghasilkan 52,50 gram dengan cara maserasi. Sedangkan dengan cara evaporasi dihasilkan fraksi Air 29,80 gram, fraksi etil asetat 1,92 gram dan fraksi n-Heksana 1,46 gram. Fraksi air dan etil asetat menghasilkan ekstrak berwarna coklat, sedangkan fraksi n-heksana menghasilkan ekstrak berwarna hijau tua yang berasal dari klorofil (Kurniasih, dkk, 2015: 177-178).

Selain buahnya yang mengandung banyak gizi, dan daunnya dapat dimanfaatkan sebagai obat-obatan yang berkhasiat tinggi, tanaman sirsak memberikan banyak manfaat lainnya, salah satunya adalah zat warna berupa klorofil dan tanin pada daun dan buah sirsak yang dapat digunakan sebagai bahan pada pembuatan *Dye Sensitized Solar Sell (DSSC)*. Tumbuhan khususnya daun dan buah sirsak memberikan banyak manfaat bagi manusia. Hal ini telah tercantum dalam Al-Qur'an surah Ar-Rad ayat 4:

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَاوِرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنْوَانٌ وَغَيْرُ صِنْوَانٍ
يُسْقَىٰ بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفِضَ لُبَّهَا عَلَىٰ بَعْضِ الْأَكْلِ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ
لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٤﴾

Terjemahnya:

“Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan, dan kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman dan pohon korma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebahagian tanam-tanaman itu atas sebahagian yang lain tentang rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir. (QS Ar-Rad : 4) (Departemen agama, 2004 : 249).

Menurut Tafsir Ibnu Qatsir, maksud dari Firman Allah: “Disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebahagian tanam-tanaman itu atas sebahagian yang lain tentang rasanya.” yaitu perbedaan dalam jenis buah-buahan dan yang manis, ada yang asam, pahit, sepet, segar dan ada yang bermacam-macam campuran rasanya, kemudian ada yang berubah rasa dengan izin Allah. Ada yang berwarna kuning, merah, putih, hitam, biru, dan lain-lain. Demikian juga dengan beraneka macamnya warna bunga, padahal semuanya berasal dari satu zat alam yang sama yaitu air, tetapi menghasilkan tumbuh-tumbuhan dan buah yang beraneka macam warna dan rasa yang tidak terhitung. Sesungguhnya dalam hal-hal seperti itu terdapat tanda-tanda kebesaran Allah bagi orang yang menyadarinya. Hal itu termasuk tanda-tanda yang sangat besar menunjukkan adanya pelaku yang bebas berbuat, yang dengan kekuasaan-Nya dapat membuat sesuatu yang beraneka ragam dan menjadikannya

sesuai dengan keinginan-Nya. Oleh sebab itu, dalam ayat ini Allah swt. Berfirman "*Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir.*" (Ibnu Qatsir, 2008: 7-8).

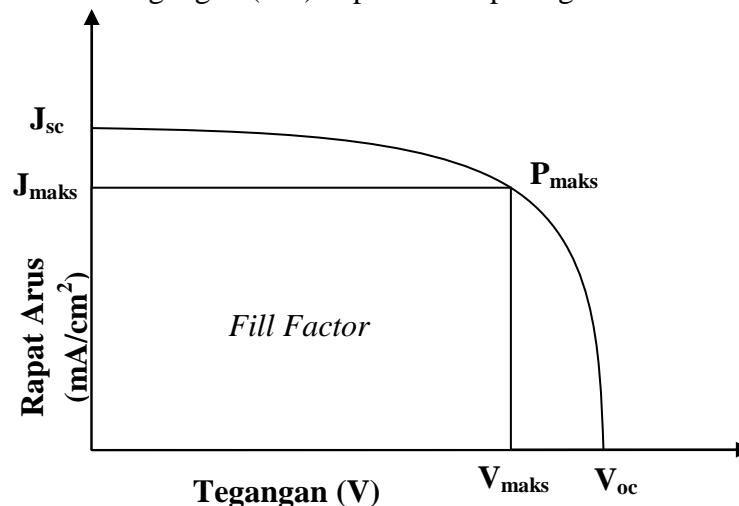
Hubungan antara penelitian DSSC ini dengan Al-Qur'an surah Ar-Rad: 4, yaitu bahwa daun dan buah tidak hanya dapat dijadikan sebagai bahan makanan saja, akan tetapi terdapat banyak manfaat lainnya yang belum diketahui manusia, salah satunya sebagai zat pewarna (dye sensitizer) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan sel surya berbasis DSSC. jadi pemanfaatan daun sirsak bukan hanya rasanya, tetapi dapat diolah menjadi sumber energi. Hal tersebut merupakan salah satu bukti tanda-tanda kebesaran Allah swt yang tidak dapat dijamah oleh manusia kecuali bagi orang-orang berfikir dan mempunyai ilmu pengetahuan seperti yang telah disebutkan pada akhir ayat tersebut, sehingga dengan akal dan ilmu pengetahuan memberikan ruang kepada manusia untuk melakukan sesuatu yang bermanfaat untuk kelangsungan hidup manusia supaya manusia lebih memahami tanda-tanda kebesaran Allah SWT.

Sehubungan dengan hal ini, peneliti melakukan sesuatu uji coba untuk mengangkat buah dan daun sirsak yang merupakan salah satu tumbuhan yang bisa dijadikan sebagai bahan dasar dye (zat warna) dalam pembuatan sel surya seperti yang terkandung di dalam Al-Qur'an surah Ar-Rad: 4.

2.7 Efisiensi dan Stabilitas Solar Sell (DSSC)

Penentuan efisiensi DSSC dilakukan dengan metode kurva arus dan tegangan. Tujuannya adalah untuk mengetahui keefektifan dari suatu susunan komponen DSSC dalam mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang dinyatakan dalam persen. Pengujian sel surya dilakukan untuk menentukan besaran-besaran yang dibutuhkan dalam pengukuran efisiensi DSSC. Besaran tersebut adalah tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), arus hubungan pendek (I_{sc}), tegangan optimum (V_{mpp}), arus optimum dan fill factor (FF) (Dewi, dkk, 2010).

Kurva arus dan tegangan (I-V) dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.6 : kurva J-V (DSSC)
(Sumber: Cari, dkk, 2013)

Kurva diatas menunjukan kemampuan sel dalam memproduksi tegangan dan arus. Pada Gambar 2.4 tersebut diperlihatkan tegangan *open circuit* (V_{oc}), rapat arus *short circuit* (J_{sc}), tegangan maksimum, arus maksimum dan *fill factor*. Saat kondisi *short circuit* (i_{sc}), sel akan menghasilkan arus maksimum atau arus short circuit. Saat kondisi open circuit (V_{oc}) tidak ada arus yang mengalir sehingga tegangannya akan menjadi maksimum atau disebut dengan tegangan open circuit.

Rapat arus short circuit (J_{sc}) adalah perbandingan antara arus short circuit (I_{sc}) dengan dimensi perangkat. Persamaannya dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.2

$$J_{sc} = \frac{I_{sc}}{A} \quad (2.4)$$

Begitupun rapat arus maksimum yang merupakan perbandingan antara arus maksimum (I_{maks}) dengan dimensi perangkat.

$$J_{maks} = \frac{I_{maks}}{A} \quad (2.5)$$

Fill factor (FF) merupakan suatu ukuran kuantitatif kualitas performa suatu sel surya, serta merupakan ukuran luar persegi kurva J-V, Fill Factor dapat diperoleh menggunakan persamaan 2.4 :

$$FF = \frac{V_{maks}J_{maks}}{V_{oc}J_{sc}} \quad (2.6)$$

Dimana : FF = Fill Factor

J_{maks} = rapat arus maksimum (mA/cm^2)

V_{max} = tegangan maksimum (mV)

J_{sc} = rapat arus yang dihasilkan pada keadaan short circuit (mA/cm^2)

V_{oc} = tegangan input (mV)

Daya maksimum yang dihasilkan sel surya dapat diperoleh melalui persamaan 2.7

$$P_{maks} = V_{oc} \cdot J_{sc} \cdot FF \quad (2.7)$$

Efisiensi (η) atau persentase konversi daya (PCE) dari perangkat sel surya adalah rasio daya keluaran (P_{out}) terhadap daya masukan (P_{in}). persamaan tersebut dapat diuraikan secara implisit dengan menggunakan insiden fluks cahaya (I_0) seperti

pada persamaan 2.1 yang melibatkan hubungan arus singkat (I_{sc}), tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) dan Fill Factor (FF) dan rapat arus *short circuit* (J_{sc}). Efisiensi (η) yang dihasilkan sel surya dapat diperoleh melalui persamaan 3.

$$PCE = \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% = \frac{I_{sc} V_{oc} FF}{I_0} \times 100 \% \quad (2.8)$$

Dimana :

η = efisiensi (%)

P_{out} = daya keluaran DSSC (Watt)

P_{in} = daya masukan DSSC (Watt)

I_0 = insiden fluks cahaya (mW/cm^2)

Intensitas radiasi matahari diluar atmosfer bumi tergantung pada jarak antara bumi dengan matahari. Sepanjang tahun, jarak antara matahari dengan bumi bervariasi antara $1,47 \times 10^8$ km - $1,52 \times 10^8$ km. Akibatnya, iradians E_0 berfluktuasi antara 1.325 W/m^2 - 1.412 W/m^2 . Nilai rata-rata dari iradians ini disebut dengan *solar constant* (konstanta surya). Konstanta surya $E_0 = 1.367 \text{ W/m}^2$. Nilai konstan ini bukanlah besarnya radiasi yang sampai dipermukaan bumi. Atmosfir bumi mereduksi dan mengurangi radiasi matahari tersebut melalui proses pemantulan, penyerapan (oleh ozon, uap air, oksigen dan karbondioksida) dan penghamburan (oleh molekul-molekul udara, partikel debu atau polusi). Untuk cuaca yang cerah pada siang hari, iradians yang mencapai permukaan bumi adalah 1.000 W/m^2 (Ihsan, 2013: 275).

2.8 Metode Pendeposisian DSSC

2.8.1 Konvensional (*Doctor Blade*)

Metode konvensional yang sering dilakukan adalah metode *doctor blade*, yaitu pendeposisian lapisan semikonduktor dengan cara meratakan pasta (TiO_2) pada kaca substrat menggunakan pengaduk kemudian dikeringkan lalu disintering pada temperatur dan waktu tertentu.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Zamrani Pembuatan lapisan TiO_2 pada kaca dengan menggunakan metode *doctor blade* pasta yang digunakan adalah TiO_2 yang diratakan diatas permukaan kaca ITO, kemudian lapisan dikeringakan selama 5 menit dan disintering diatas *hot plate* pada temperatur yang divariasi yaitu 300°C dan 400°C selama 15 menit. Hasil yang diperoleh adalah tegangan dan arus dari DSSC lebih besar yang menggunakan suhu sintering lapisan TiO_2 400°C daripada yang menggunakan suhu sintering TiO_2 300°C (Zamrani, 2013).

Sintering adalah proses penggabungan partikel dari suatu bahan serbuk dengan difusi akibat pembakaran (pemanasan) pada temperature tertentu. Dalam proses sintering, partikel-partikel bergabung secara difusi dalam kondisi padat pada temperatur yang sangat tinggi, tetapi dibawah temperatur leleh dari senyawanya. Dalam sintering, difusi atomik berlangsung antara permukaan kontak partikel sehingga atom-atom tersebut secara kimiawi terikat bersama (Hadi, 2016 : 28).

2.8.2 *Spin Coating*

Spin coating adalah suatu tehknik pendeposisian lapisan semikonduktor pada substrat yaitu dengan meneteskan cairan pelapis yaitu larutan oksidasi semikonduktor pada kaca substrat dan kemudian diputar dengan kecepatan konstan dalam waktu tertentu. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Ekasari, pendeposisian lapisan

TiO₂ pada substrat kaca ITO menggunakan *spin coating* yang diputar dengan kecepatan 500, 1000 dan 2000 rpm masing-masing 1 menit, 2 menit, dan 3 menit. Hasil pendeposisian yang efektif adalah pendeposisian difurnish selama 10 menit pada suhu 200°C (Ekasari dan Yodyono, 2013).

Metode spin coating memiliki hasil yang lebih baik dari pada metode *doctor blade* karena homogenitas larutan TiO₂ fase anatase terkalsinasi dengan baik pada substrat sehingga mampu menyerap dye dengan maksimal (Naosari dalam Ekasari, 2013).

2.9 Spektrofotometer Ultraviolet Violet Visible (UV-Vis)

Spektrofotometri visible disebut juga spektrofotometri sinar tampak. Yang dimaksud sinar tampak adalah sinar yang dapat dilihat oleh mata manusia. Cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia adalah cahaya dengan panjang gelombang 400-800 nm dan memiliki energi sebesar 299–149 kJ/mol. Energi yang dimiliki sinar tampak mampu membuat elektron tereksitasi dari keadaan dasar menuju kulit atom yang memiliki energi lebih tinggi atau menuju keadaan tereksitasi.

Spektrofotometri merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi materi dengan cahaya (Khopkhar, 2003). Prinsip dasar dari spektrofotometer UV-Vis adalah serapan cahaya. Apabila suatu cahaya jatuh pada senyawa, maka sebagian cahaya diserap molekul-molekul sesuai dengan struktur dari molekul dan senyawa tersebut. Spektra UV-Vis berkaitan erat dengan tingkatan-tingkatan tenaga elektron (Sastrohamidjojo, 1991).

Cahaya yang diserap oleh suatu zat berbeda dengan cahaya yang ditangkap oleh mata manusia. Cahaya yang tampak atau cahaya yang dilihat dalam kehidupan

sehari-hari disebut warna komplementer. Misalnya suatu zat akan berwarna orange bila menyerap warna biru dari spektrum sinar tampak dan suatu zat akan berwarna hitam bila menyerap semua warna yang terdapat pada spektrum sinar tampak. Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel 2.4

Tabel 2.4 Skala spektrum cahaya tampak

Panjang gelombang (nm)	Warna yang diserap	Warna komplementer (warna tampak)
400 – 435	ungu	Hijau kekuningan
435 – 480	Biru	Kuning
480 – 490	Biru Kehijauan	Jingga
490 – 500	Hijau kebiruan	Merah
500 – 650	Hijau	Ungu kemerahan
650 – 580	Hijau kekuningan	Ungu
580 – 595	Kuning	Biru
595 – 610	Jingga	Biru kehijauan
610 – 800	Merah	Hijau kebiruan

(Seran, 2011)

2.10 Scanning Elektron Microscopy (SEM)

SEM merupakan salah satu tipe mikroskop elektron yang mampu menghasilkan resolusi tinggi dari Gambaran suatu permukaan sampel. Oleh karena itu gambar yang dihasilkan oleh SEM mempunyai karakteristik secara kualitatif dalam dua dimensi karena menggunakan elektron sebagai pengganti gelombang cahaya serta berguna untuk menentukan struktur permukaan sampel. Material yang dikarakterisasi SEM yaitu berupa lapisan tipis yang memiliki ketebalan 20 μm

dari permukaan. Gambar topografi permukaan berupa tonjolan, lekukan dan ketebalan lapisan tipis dari penampang melintangnya. (Mulder, 1996).

SEM atau mikroskop elektron ini memfokuskan sinar elektron (*electron beam*) di permukaan obyek dan mengambil gambar dengan mendeteksi elektron yang muncul pada permukaan obyek. Perbedaan tipe yang berbeda dari SEM memungkinkan penggunaan yang berbeda-beda antara lain untuk studi morfologi, analisis komposisi dengan kecepatan tinggi, kekasaran permukaan, porositas, distribusi ukuran partikel, homogenitas material atau untuk studi lingkungan tentang masalah sensitifitas material (Sitorus (2009) dalam Cahyana, dkk, 2014: 24).

2.11 Termokopel

Termokopel adalah salah satu sensor temperatur yang dapat mengukur suhu udara. Alat ini bekerja berdasarkan apabila dua buah metal dari jenis berbeda dilekatkan, maka dalam rangkaian akan dihasilkan gaya gerak listrik yang bergantung pada temperatur (Moran dan Shapiro, t.th: 20).

2.12 Lux Meter

Lux meter adalah Alat ukur kuat penerangan dalam suatu ruang. Satuan ukuran lux meter adalah lux. Alat ini dilengkapi sensor cahaya yang sangat peka terhadap perubahan jumlah cahaya yang diterima (Latifah, 2015: 9).

Dengan mengetahui intensitas penyinaran, maka Intensitas cahaya dalam satuan Candela (Cd) dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$I = \frac{E}{A} \quad (2.8)$$

Dimana:

I = Intensitas cahaya (Cd)

E = Intensitas penerangan (lux)

$A = \text{Luas jatuhnya cahaya (m}^2\text{)}$

2.13 Multimeter

Multimeter adalah suatu alat yang dapat mengukur tegangan, arus dan hambatan. Alat ini biasanya disebut juga AVO meter (Ampere-Volt-Ohm) (Giancoli, 2001: 119).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada :

Waktu : Bulan Juni - Oktober 2016

Tempat : a. Laboratorium Fisika Modern Fak. Saintek UINAM
b. Laboratorium Kimia Organik Fak. Saintek UINAM
c. Laboratorium Mikrostruktur FMIPA UNM
d. Laboratorium Kimia Terpadu FMIPA UNHAS

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

1. Alat uji/ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah :
 - a. Spektrometer UV-Vis (UV-2600 Shimadzu)
 - b. SEM Vega3 Tescan
 - c. Multimeter
 - d. Lux meter
 - e. Termokopel
 - f. Neraca analitik

2. Alat yang digunakan untuk membuat DSSC pada penelitian ini adalah :
- a. Serangkaian alat destilasi (Aerator, Hot plate, Selang dan Labu erlenmeyer)
 - b. Potensiometer
 - c. Lampu halogen
 - d. Blender
 - e. Labu takar
 - f. Gelas kimia
 - g. Mortar dan alu
 - h. Cawan
 - i. Kompor listrik
 - j. Botol semprot
 - k. Spatula
 - l. Batang pengaduk
 - m. Toples
 - n. Penjepit kertas
 - o. Selotip
 - p. Kabel penghubung
 - q. Korek api
 - r. Pipet tetes

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk membuat DSSC pada penelitian ini adalah :

1. Kaca ITO (Indium Tin Oxide)
2. Bubuk TiO_2
3. Daun dan buah sirsak
4. Larutan elektrolit Iodine dan Kalium Iodide (I^-/KI)
5. Etanol (Alkohol 96 %)
6. Aluminium foil
7. Aquades (H_2O)
8. Kertas label
9. Kertas saring
10. Lilin
11. Carbon
12. Tissue
13. Cotton bud

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan

1. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan. Selain alat dan bahan hal-hal yang perlu disediakan adalah pakaian lab seperti baju lab, masker dan sarung tangan.
2. Alat yang akan digunakan pada proses ekstraksi seperti Toples, pengaduk, dicuci dengan Alkohol sampai bersih lalu dikeringkan.

3. Kaca ITO dibersihkan dengan Alkohol untuk menghilangkan material lain yang menempel pada kaca, setelah itu dikeringkan dan diukur resistansinya menggunakan multimeter untuk membandingkannya dengan harga pustakanya. Kaca yang digunakan untuk sampel daun sirsak memiliki resistansi setelah diuku $137,9 \Omega$ sedangkan untuk sampel daun sirsak adalah 167Ω

3.3.2 Ekstraksi Sampel

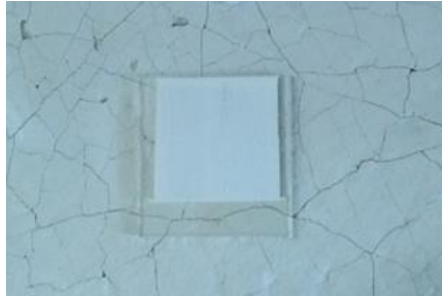
1. Daun sirsak yang segar dan tua dan daging buah sirsak yang setengah matang masing-masing dibersihkan dan dipotong-potong hingga berukuran kecil.
2. Daun dan buah sirsak kemudian dikeringkan pada suhu ruang.
3. Daun sirsak yang sudah kering kemudian digerus sedangkan sampel buah diblender hingga berbentuk serbuk.
4. Sampel daun dan buah sirsak berbentuk serbuk masing-masing ditimbang sebanyak 65,88 gr daun sirsak dan 313,35 gr buah sirsak
5. Masing-masing sampel selanjutnya dimaserasi dengan menggunakan pelarut etanol (Alkohol 96%) selama 24 jam kemudian disaring menggunakan kain blacu. Maserasi dilakukan sebanyak 3 atau 4 kali untuk setiap sampel.
6. Maserat yang diperoleh kemudian dipekatkan menggunakan rangkaian destilasi hingga diperoleh ekstrak kental sebanyak 147,06 gr daun sirsak dan 188,18 untuk buah sirsak.
7. Ekstrak kental kemudian dilarutkan menggunakan pelarut etanol (Alkohol 96%) dan diuji penyerapan panjang gelombang dan absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis.

Tabel 3.1 : Pengamatan uji Spektrofotometer UV-Vis

No.	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi

3.3.3 Pembuatan Lapisan TiO₂ pada ITO (Elektroda Kerja)

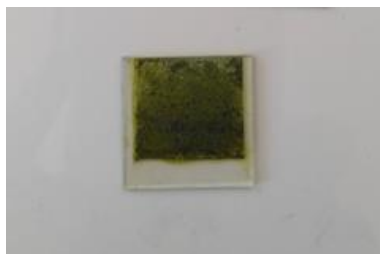
1. Bubuk TiO₂ ditimbang dengan menggunakan neraca analitik. Bubuk TiO₂ dilarutkan dengan Aquades kemudian dididihkan. Larutan TiO₂ diendapkan lalu disaring hingga terbentuk pasta.
2. Pasta TiO₂ yang telah disiapkan, diaduk terlebih dahulu dengan pengaduk.
3. Pasta tersebut akan dideposisikan diatas kaca ITO dengan metode *doctor blade*
4. Pada metode *doctor blade*, sisi konduktif kaca ITO yang berukuran 2×2 cm dibentuk area pendeposisian TiO₂ berukuran $1,5 \times 1,5$ cm diatas permukaan kaca konduktif.
5. Sisi kaca ITO diberi selotip sebagai pembatas.
6. Pasta TiO₂ kemudian dideposisikan diatas kaca ITO lalu diratakan menggunakan spatula.
7. Lapisan tersebut didiamkan selama 5 menit kemudian disentering diatas hot plate selama 30 menit pada suhu 450°C.



Gambar 3.1 : Hasil pelapisan TiO_2 pada kaca ITO sebagai elektroda kerja

3.3.4 Perendaman Lapisan TiO_2 pada Dye

1. Lapisan TiO_2 yang telah dibuat direndam pada ekstrak daun sirsak dan yang lainnya direndam pada ekstrak buah sirsak dalam cawan petri masing-masing 24 jam dalam ruangan gelap.
2. Kaca diangkat dengan menggunakan pinset.
3. Sisi kaca dibersihkan dengan menggunakan *tissue* dan *cotton bud*



(a)



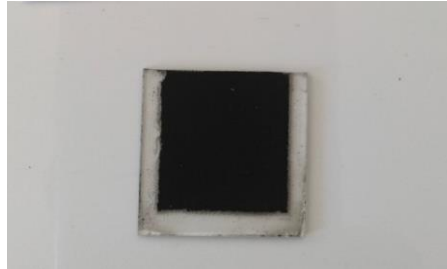
(b)

Gambar 3.2 : Hasil perendaman lapisan TiO_2 pada larutan dye
(a) sampel buah sirsak (b) sampel daun sirsak

3.3.5 Pembuatan Lapisan Elektroda Karbon (Elektroda Pembanding)

1. Kaca ITO dibakar pada api menggunakan lilin sampai permukaannya terbentuk lapisan karbon.

2. Pada sisi kaca yang terlapis karbon digosok dengan *cotton bud* sebagai batasan, hingga luasan permukaan karbon menjadi $1,5 \times 1,5$ cm.



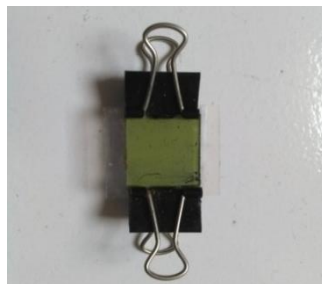
Gambar 3.3 : hasil pelapisan karbon pada kaca ITO sebagai elektroda pembanding

3.3.6 Pembuatan Larutan Elektrolit

1. KI padatan ditimbang sebanyak 3 gram, kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur
2. Larutan Iodine dipipet sebanyak 3 mL ke dalam gelas ukur yang berisi KI.
3. Larutan tersebut diaduk sampai homogen kemudian dimasukkan ke dalam spoid.

3.3.7 Pembuatan Lapisan Sandwich DSSC

1. Elektroda kerja dengan elektroda karbon disusun secara *offside*.
2. Kedua sisinya dijepit dengan menggunakan penjepit kertas.



(a)



(b)

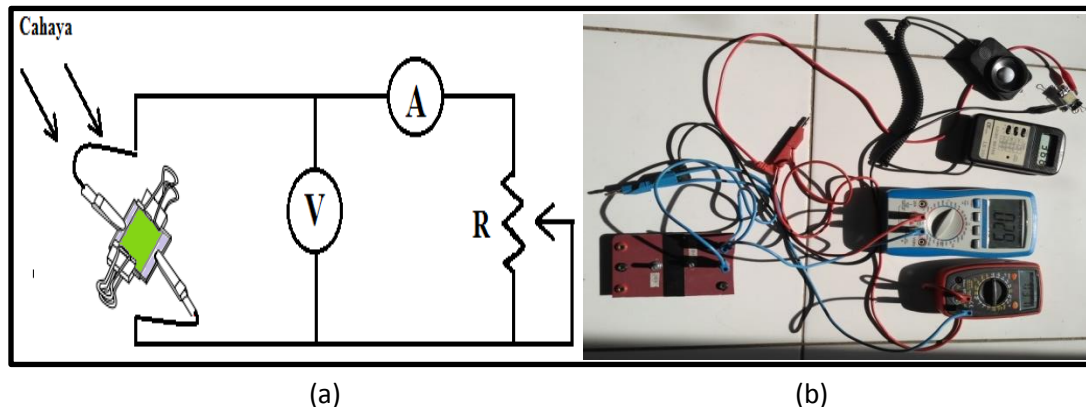
Gambar 3.4: Bagian sisi DSSC yang dijepit
(a) sampel buah sirsak (b) sampel daun sirsak

3.3.8 Penetesan Larutan Elektrolit

1. Salah satu sisi DSSC yang telah dijepit dibuka
2. Bagian sisi yang dibuka ditetesi elektrolit sebanyak 1 tetes pada sela-sela elektroda kerja dan elektroda karbon dan dijepit kembali. Hal yang sama dilakukan pada sisi sebaliknya.

3.3.9 Pengujian Arus dan Tegangan DSSC

1. Pengujian DSSC dilakukan dengan mengukur arus dan tegangannya menggunakan multimeter.
2. Sebelum mengukur arus dan tegangan, kedua sisi elektroda pada DSSC dijepit dengan penjepit buaya, kemudian dirangkai seperti gambar 3.5



Gambar 3.5 : (a) Rangkaian uji arus dan tegangan DSSC (b) foto rangkaian uji

3. Pada rangkaian tersebut digunakan potensiometer yang diputar sehingga hambatannya bervariasi dari 0Ω hingga hambatan maksimum.
4. Indikator lainnya yang perlu diukur yaitu intensitas cahaya diukur dengan Lux meter dan suhu diukur dengan termokopel.

5. Sumber cahaya diarahkan tegak lurus terhadap permukaan sel.
6. Pengujian dilakukan dengan sumber cahaya matahari.

Tabel 3.2 : Hasil pengamatan uji DSSC dengan menggunakan ekstrak daun sirsak

Temperatur : °C

Pukul : WITA

Potensiometer : 10 K Ω

No.	V (mV)	I (mA)	E (Lux)

Tabel 3.3 : Hasil pengamatan uji DSSC dengan menggunakan ekstrak buah sirsak

Temperatur : °C

Pukul : WITA

Potensiometer : 10 K Ω

No.	V (mV)	I (mA)	E (Lux)

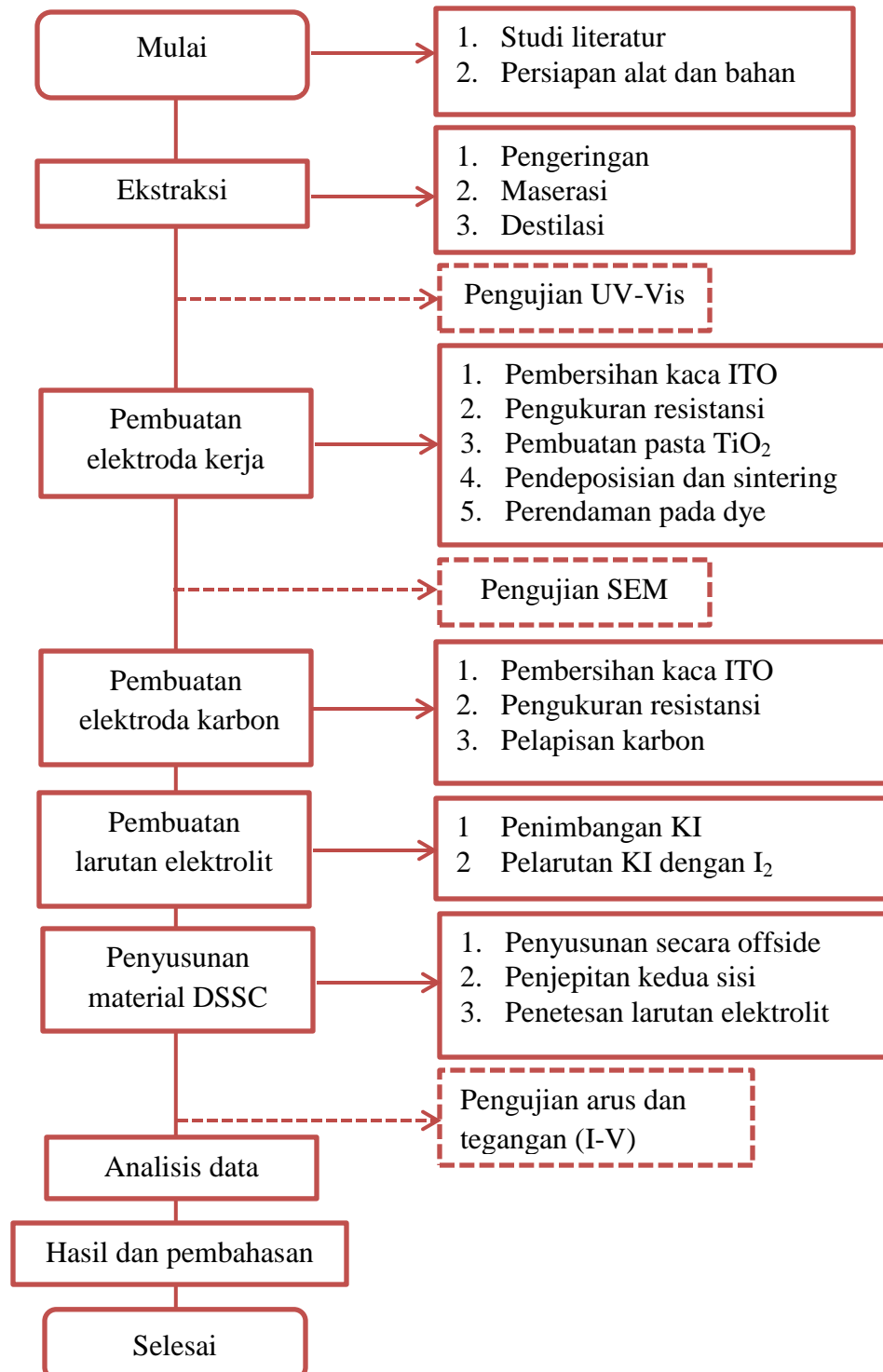
3.3.9 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

- a. Kaca ITO (*Indium Tin Oxide*) dipotong dengan ukuran yang kecil.
- b. Kaca yang telah dipotong dibersihkan dengan menggunakan etanol, lalu dilap dengan menggunakan *tissue* sampai kering.

- c. Kemudian diukur resistansinya dengan menggunakan multimeter.
- d. Pasta TiO_2 dideposisikan dengan metode *doctor blade*.
- e. Kaca yang terlapasi TiO_2 disentering dengan menggunakan kompor listrik sampai pada temperatur 450°C selama 30 menit.
- f. *Dye* dari ekstrak daun dan buah sirsak masing-masing disiapkan dan dituang ke dalam cawan.
- g. Kaca ITO yang telah dilapisi dengan TiO_2 direndam ke dalam *dye* dan didiamkan selama 24 jam.
- h. Kaca diangkat dengan menggunakan pinset lalu sisi kaca dibersihkan dengan menggunakan *tissue*.
- i. Sampel dimasukkan pada alat pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

3.4 Diagram Alir

Diagram alir pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



3.5 Jadwal Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada jadwal berikut.

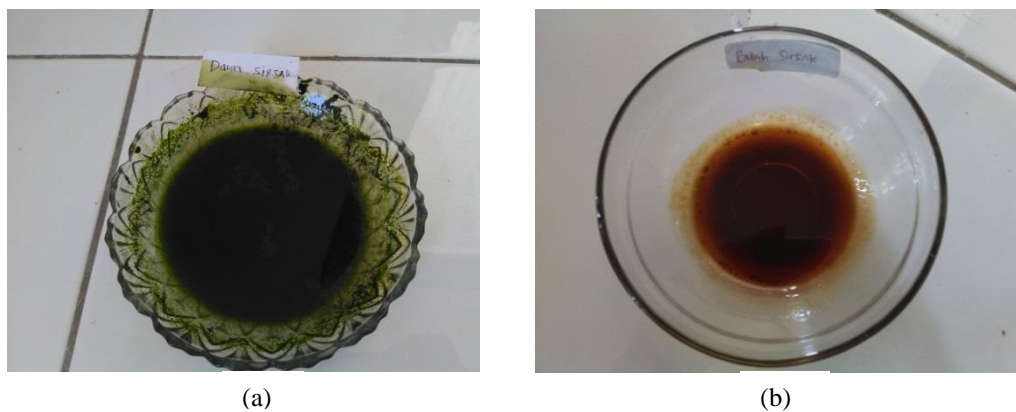
No.	Jenis Kegiatan	Bulan																				Tempat
		Juni				Juli				Agustus				September				Oktober				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	4	5	
1	Persiapan alat dan bahan																					Lab. Fisika Modern Fak. Saintek
2	Ekstraksi bahan																					Lab. Kimia Organik Fak. Saintek
3	Uji UV-Vis																					Lab. Kimia Terpadu FMIPA UNHAS
4	Pembuatan pasta TiO ₂																					Lab. Fisika Modern Fak. Saintek
5	Pengukuran resistansi kaca																					
6	Pembuatan elektroda karbon																					
7	Peposisi dan sintering																					
8	Perendaman lapisan TIO ₂ pada dye																					
9	Penyusunan sandwich DSSC																					
10	Penetesan larutan elektrolit																					
11	Pengujian DSSC																					
12	Pengambilan data																					
13	Uji SEM																					Lab. Mikrostruktur FMIPA UNM
14	Analisis data																					Lab. Fisika Modern Fak. Saintek
15	Penyusunan laporan																					

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Nilai Absorbansi dan Panjang Gelombang Dye dari Ekstrak Daun dan Buah Sirsak

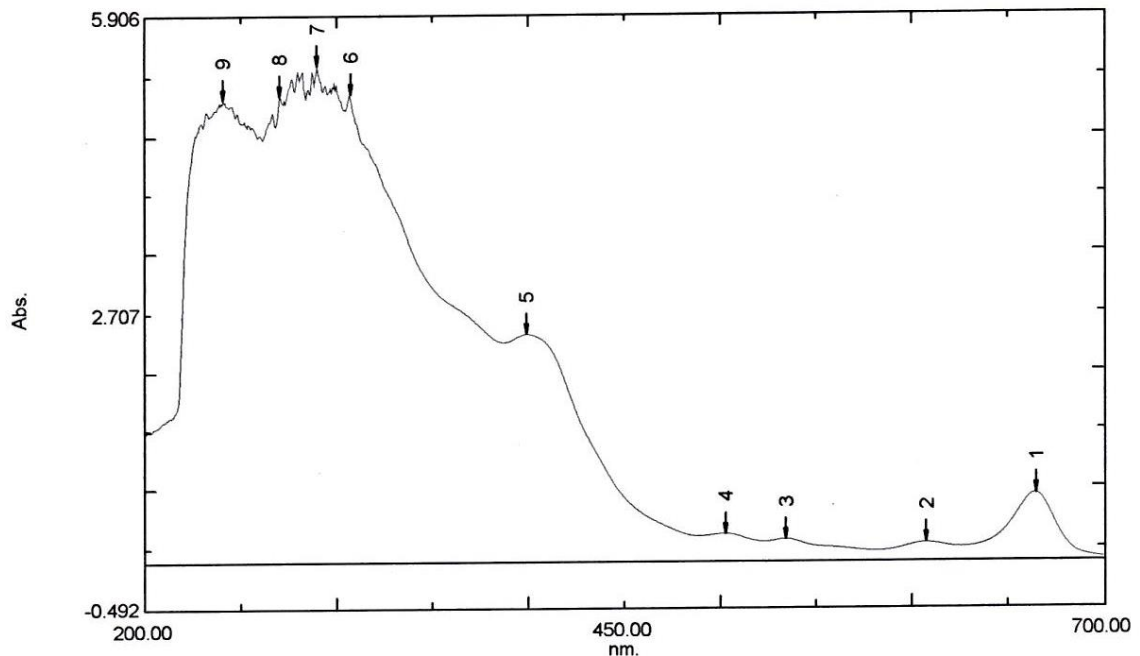
Nilai absorbansi atau penyerapan cahaya dari suatu zat yang didasarkan pada panjang gelombang dapat diketahui dengan melakukan uji spektrofotometer UV-Vis. Pengujian Spektrofotometer UV-Vis dilakukan pada hasil ekstrak daun dan buah sirsak. Ekstrak daun sirsak menghasilkan pigmen warna hijau tua, sedangkan ekstrak buah sirsak menghasilkan pigmen warna merah kecoklatan seperti pada gambar 4.1



Gambar 4.1: Hasil Ekstraksi (a) daun sirsak (b) buah sirsak

Pengujian UV-Vis pada penelitian ini menggunakan Spektrofotometer UV-Vis (UV-2600 Shimadzu). Sebelum melakukan Pembacaan, Alat tersebut dikalibrasi dengan memasukkan pelarut (etanol 96%) pada kuvet kemudian pelarut tersebut dikalibrasi menjadi nol. Kedua ekstrak daun dan buah sirsak masing-masing diencerkan dan dimasukkan kedalam kuvet kemudian dilakukan analisa UV-Vis.

Nilai absorbansi dan panjang gelombang dye dari daun sirsak dapat dilihat dari grafik 4.1 berikut



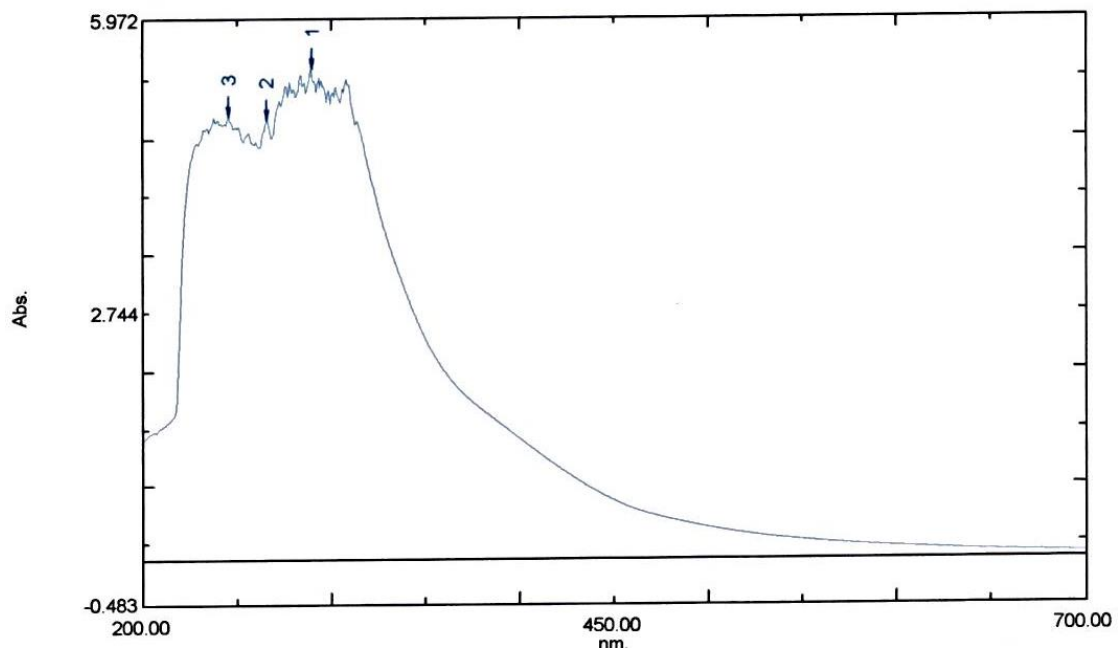
Grafik 4.1 : Grafik hasil analisa UV-Vis zat warna dari ekstrak daun sirsak

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara absorbansi dan panjang gelombang. Pada grafik tersebut terdapat sembilan puncak absorbansi pada panjang gelombang tertentu. Penyerapan maksimum berada pada daerah UV (*Ultra Violet*) yaitu pada panjang gelombang 290 nm dengan absorbansi 5,373. Selain itu puncak penyerapan panjang gelombang yang lainnya pada daerah UV yaitu 241 nm, 270,5 nm, 307 nm, dan 399,5 nm. Sedangkan untuk daerah visibel (cahaya tampak) yaitu 502,5 nm, 534,5 nm, 607,5 nm dan 664,5 nm. Nilai absorbansi dari beberapa puncak panjang gelombang tersebut dapat dilihat pada pada tabel 4.1 berikut

Tabel 4.1 : Nilai absorbansi dan panjang gelombang dari ekstrak daun sirsak

No.	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
1.	664,50	0,725
2.	607,50	0,204
3.	534,50	0,250
4.	502,50	0.308
5.	399,50	2,477
6.	307,00	5,074
7.	290,00	5,373
8.	270,50	5,061
9.	241,00	5,016

Data hasil Analisa Spektrofotometer UV-Vis buah sirsak dapat dilihat dari grafik 4.2 berikut.



Grafik 4.2 : Grafik hasil analisa UV-Vis zat warna dari ekstrak buah sirsak

Pada grafik tersebut terdapat tiga puncak absorbansi yang hanya terdapat pada daerah UV, yaitu pada panjang gelombang 289,5 nm, 266,0 nm dan 245,5 nm. Penyerapan maksimum berada pada panjang gelombang 289,5 nm dengan absorbansi 5,434. pada hasil pembacaan UV-Vis zat warna dari ekstrak buah sirsak ini menunjukkan tidak terdapat penyerapan pada daerah Visibel. Nilai absorbansi dari beberapa puncak panjang gelombang tersebut dapat dilihat pada pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 : Nilai absorbansi dan panjang gelombang dari buah sirsak

No.	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
1.	289,50	5,434
2.	266,00	4,885
3.	245,50	4,929

4.1.3 Nilai Arus dan Tegangan beserta Indikator Intensitas dan Suhu pada Sel Surya DSSC Zat Warna Ekstrak Daun dan Buah Sirsak

Sebelum melakukan pengukuran arus dan tegangan, perangkat DSSC yang tersensitisasi zat warna dari ekstrak daun dan buah sirsak dirangkai secara seri dengan amperemeter dan potensiometer dan dirangkai secara paralel dengan voltmeter seperti pada gambar 3.5. Pengujian dilakukan pada cahaya matahari, pengukuran dilakukan dengan memutar potensiometer secara perlahan dari hambatan nol hingga hambatan maksimum, sehingga diperoleh nilai arus dan tegangan yang bervariasi. Selain mengukur arus dan tegangan juga dilakukan pengukuran terhadap Intensitas

penyinaran dan suhu lingkungan sebagai indikator. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 : Nilai arus dan tegangan beserta indikator Intensitas dan suhu pada sel surya DSSC zat warna ekstrak daun dan buah sirsak
A: 2,25 cm²

No.	Ekstrak	V _{maks} (mV)	I _{maks} (mA)	V _{oc} (mV)	I _{sc} (mA)	E (Lux)	T (°C)	Pukul (WITA)
1	Daun Sirsak	45,0	0,0520	737	0.098	99400	30	12.03
2	Buah Sirsak	162	0,0810	293	0.134	82900	36	12.09

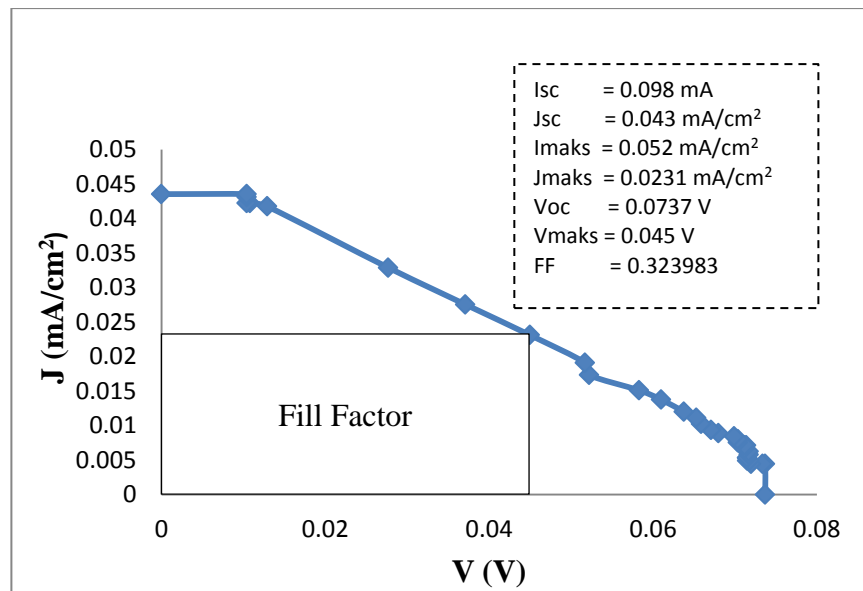
4.1.4 Nilai Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Menggunakan Dye dari Ekstrak Daun dan Buah Sirsak

Efisiensi sel surya zat warna ekstrak daun dan buah sirsak dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.8 sehingga diperoleh hasil perhitungan seperti pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 : Hasil analisis efisiensi sel surya DSSC zat warna ekstrak daun dan buah sirsak

No.	Ekstrak	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	FF	P _{maks} (mW/cm ²)	η (%)
1	Daun Sirsak	0,0737	0,043556	0,323983	0,001040	0,001040
2	Buah Sirsak	0,2930	0,059556	0,334216	0,005832	0,005832

Pengujian arus dan tegangan pada perangkat DSSC yang tersensitisasi zat warna dari ekstrak daun sirsak dilakukan pada pukul 12.03 WITA pada suhu rata-rata 30°C. hasil pengukuran arus dan tegangan dapat dilihat pada grafik 4.4 berikut.

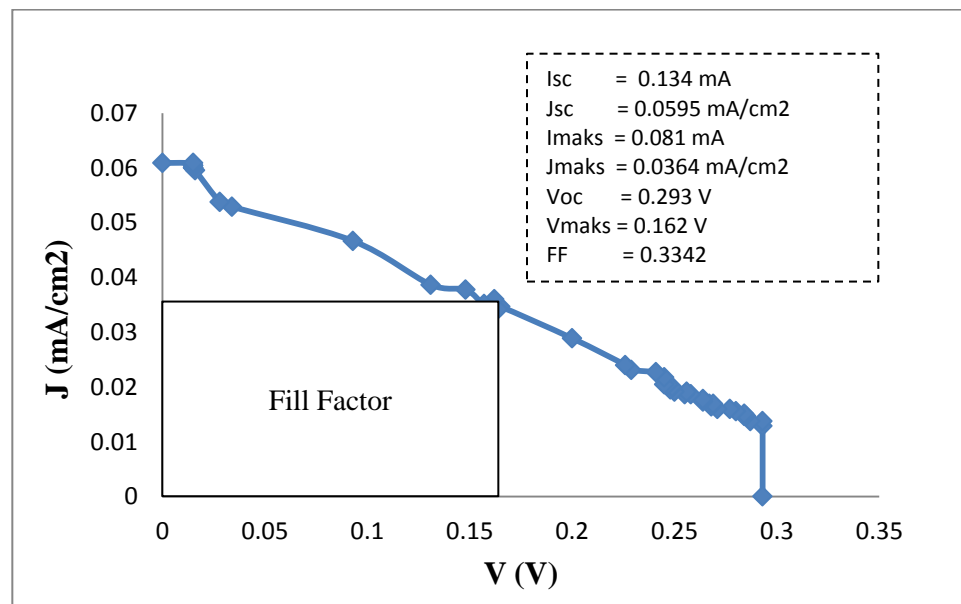


Grafik 4.4 : Kurva hubungan J-V daun sirsak

Pada kurva diatas menunjukkan hubungan J-V daun sirsak. Arus *short circuit* (I_{sc}) yaitu arus pada saat hambatan pada potensiometer bernilai nol dihasilkan sebesar 0,098 mA sehingga rapat arus *short circuit* (J_{sc}) sebesar 0.043556 mV/cm², sedangkan pada saat hambatan maksimum dihasilkan tegangan *open circuit* (V_{oc}) sebesar 73,7 mV. Tegangan maksimum (V_{maks}) yang dihasilkan sebesar 45,00 mV sedangkan arus maksimum (I_{maks}) yang dihasilkan sebesar 0,052 mA pada intensitas penyinaran 99400 Lux sehingga diperoleh luasan persegi paling besar (*Fill Factor*) bernilai 0,323983 sehingga daya maksimum (P_{maks}) yang dihasilkan sebesar 0,001040 mW/cm². Efisiensi diperoleh dari persen perbandingan daya maksimum dengan daya

radiasi matahari rata-rata (P_{cahaya}) sebesar 100 mW/cm^2 , sehingga dihasilkan efisiensi sebesar 0,001040 %.

Pengujian arus dan tegangan juga dilakukan pada perangkat DSSC menggunakan zat warna dari ekstrak buah sirsak. Pengukuran ini dilakukan pada pukul 12.09 WITA pada suhu rata-rata 36°C . hasil pengukuran arus dan tegangan dapat dilihat pada grafik 4.5 berikut.



Grafik 4.5 : Kurva hubungan J-V buah sirsak

Pada kurva diatas menunjukkan hubungan J-V buah sirsak. Arus *short circuit* (I_{sc}) yang dihasilkan sebesar 0,134 mA sehingga rapat arus *short circuit* (J_{sc}) sebesar 0,081 mV/cm², sedangkan pada saat hambatan maksimum dihasilkan tegangan *open circuit* (V_{oc}) sebesar 293 mV. Tegangan maksimum (V_{maks}) yang dihasilkan sebesar 162 mV sedangkan arus maksimum yang dihasilkan sebesar 0,059556 mA dengan

intensitas penynaran 829000 lux sehingga diperoleh luasan persegi paling besar (*Fill Factor*) bernilai 0,334216 dan daya maksimum (P_{maks}) yang dihasilkan sebesar $0,005832 \text{ mW/cm}^2$ sehingga Efisiensi yang dihasilkan sangat kecil yaitu 0,005832 %.

Efisiensi sampel buah sirsak lebih tinggi dibandingkan dengan sampel daun sirsak. Meskipun pada pengujian spektrofotometer UV-Vis, puncak penyerapan panjang gelombang yang paling banyak adalah daun sirsak yaitu pada daerah UV dari rentang 241,0 – 399,5 nm sedangkan untuk daerah *Visible* 502,5 – 664,5 nm, penyerapan panjang gelombang tertinggi terdapat pada 290 nm dengan absorbansi sebesar 5,373. Sedangkan sampel dari ekstrak buah sirsak puncak penyerapan panjang gelombang hanya terdapat pada daerah UV dari rentang 245,5 – 289,5 nm, penyerapan panjang gelombang tertinggi terdapat pada 289,5 nm dengan absorbansi sebesar 5,434. Hal ini diduga karena pada buah sirsak mengandung glukosa terutama fruktosa yang merupakan zat optik aktif. Zat optik aktif dapat membelokkan cahaya yang masuk pada perangkat DSSC sehingga cahaya tidak terpantul kembali melainkan terpantul kearah yang lain yang membuat cahaya terjebak di dalam perangkat DSSC. Hal ini akan membuat foton lebih banyak terserap oleh dye sehingga dapat meningkatkan efisiensi. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk dye dari ekstrak buah sirsak.

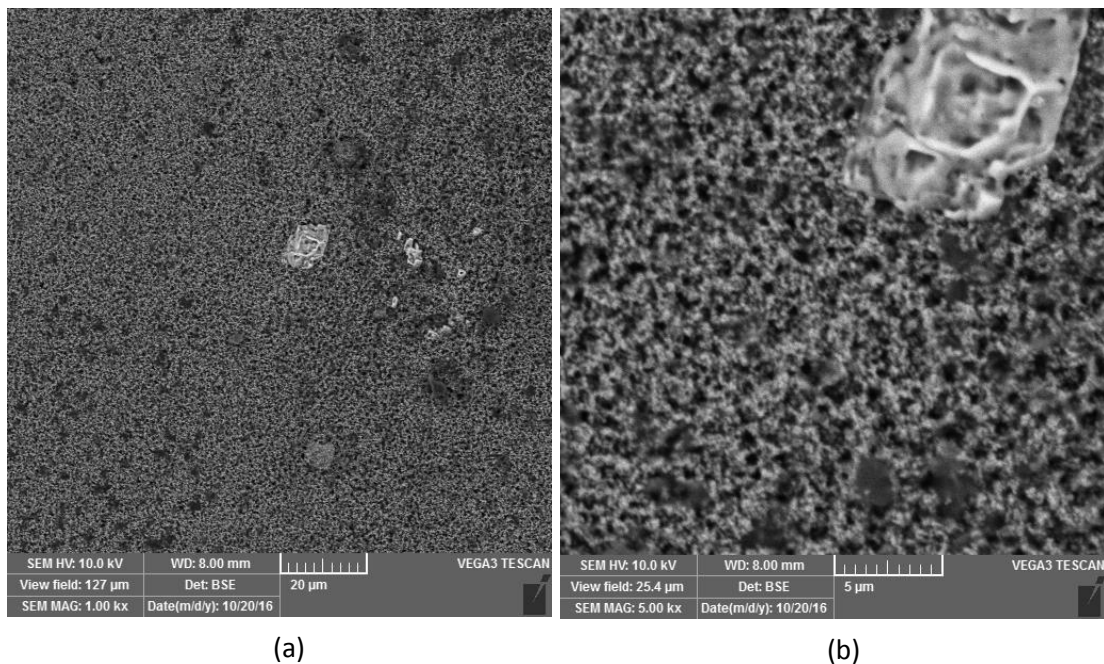
Hal lain yang dapat mempengaruhi stabilitas sel surya DSSC pada penelitian ini adalah penambahan elektrolit. Penambahan larutan elektrolit dapat memperlancar proses pergantian elektron yang tereksitasi. Akan tetapi penambahan elektron yang

dilakukan secara rutin tidak terlalu bagus karena dapat menyebabkan lapisan karbon terkikis yang dapat merusak perangkat DSSC.

5.1.3 Morfologi dari Permukaan TiO_2 yang Terlapisi Dye dari Ekstrak Daun dan Buah Sirsak

Morfologi dari permukaan TiO_2 yang terlapisi dye dapat diamati dengan melakukan uji SEM. Pengujian ini menggunakan alat SEM tipe *Vega3 Tescan*. Pengujian dilakukan pada masing-masing sampel yaitu TiO_2 yang dilapisi dye dari ekstrak daun dan buah sirsak.

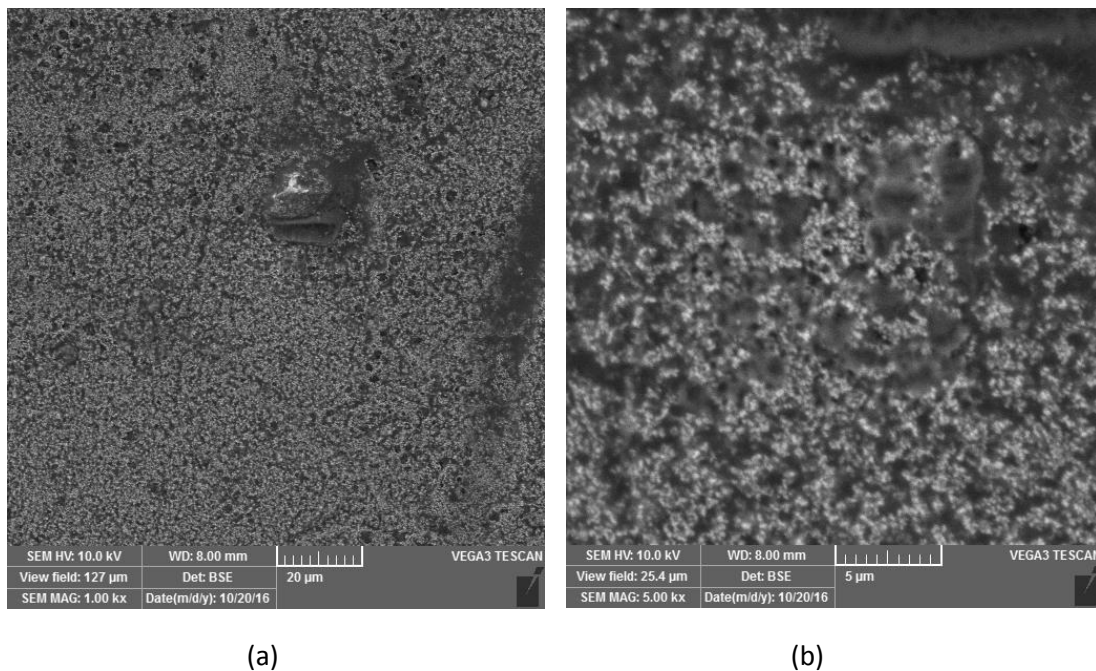
Hasil pengujian SEM pada daun sirsak dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut



Gambar 4.2: Morfologi permukaan TiO_2 yang dilapisi zat warna dari ekstrak daun sirsak pada perbesaran (a) skala 20 μm dan (b) skala 5 μm

Pada gambar 4.2a yaitu perbesaran skala 20 μm menunjukkan peyebaran lapisan TiO_2 dan dye kurang merata, hal ini diduga karena teknik pelapisan TiO_2 yang kurang baik. Setelah gambar diperbesar pada skala 5 μm seperti gambar 4.2b dapat terlihat dengan jelas banyaknya celah pada permukaan TiO_2 yang tidak berikatan dengan zat warna dari ekstrak daun sirsak. Hal ini memberikan kontribusi terhadap nilai nilai efisiensi solar sel karena semakin banyak dye yang berikatan dengan TiO_2 , implikasinya akan menaikkan jumlah cahaya yang terserap. Selain itu pada gambar diatas terdapat zat berwarna putih menggumpal yang ukurannya lebih besar dari yang lainnya, zat tersebut diduga sebagai pengotor yang dapat menghambat efektivitas solar sel.

Hasil pengujian SEM pada buah sirsak dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut



Gambar 4.3 : Morfologi permukaan TiO_2 yang dilapisi zat warna dari ekstrak daun sirsak pada perbesaran (a) skala 20 μm dan (b) skala 5 μm

Pada gambar diatas menunjukkan morfologi sampel buah sirsak hampir sama dengan sampel buah sirsak, tetapi jika dilihat secara seksama pada gambar 4.3a dan 4.2a dengan perbesaran skala 20 μm , penyebaran lapisan TiO_2 dan dye pada sampel buah sirsak lebih merata jika dibandingkan dengan sampel daun sirsak. selain itu pada gambar 4.3b dengan perbesaran skala 5 μm dapat terlihat jumlah dye yang berikatan dengan TiO_2 dari sampel buah sirsak lebih banyak dibandingkan dengan sampel daun sirsak. Penyebaran lapisan TiO_2 dan jumlah dye yang terikat pada TiO_2 merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi DSSC.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dari penggunaan ekstrak daun sirsak adalah sebesar 0,00104% dengan spektrum serapan dye pada daerah UV dari rentang 241 – 399,5 nm sedangkan untuk daerah *Visible* 502,5 – 664,5 nm, penyerapan panjang gelombang tertinggi terdapat pada 290 nm dengan absorbansi sebesar 5,373. Sedangkan untuk sampel buah sirsak adalah yaitu sebesar 0,005832% dengan spektrum serapan dye hanya terdapat pada daerah UV dari rentang 245,5 – 289,5 nm, penyerapan panjang gelombang tertinggi terdapat pada 289,5 nm dengan absorbansi sebesar 5,434. Efisiensi dye dari ekstrak buah sirsak lebih tinggi dari daun sirsak. Efisiensi yang dihasilkan DSSC dengan dye dari ekstrak daun dan buah sirsak pada penelitian ini masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan dye dari sampel lain pada penelitian yang sudah ada, sehingga penelitian ini masih perlu dikembangkan.

5.2 Saran

Saran yang dapat saya sampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Sebaiknya menggunakan kaca ITO dengan resistansi yang lebih rendah sehingga arus yang dihasilkan akan lebih tinggi.

2. Sebaiknya menggunakan metode pendeposisian *Spin Coating* sebagai perbandingan.
3. Sebaiknya melakukan pengujian pada lampu halogen sehingga intensitas cahayanya bisa dikontrol
4. Menggunakan larutan elektrolit yang sifatnya stabil seperti elektrolit gel.
5. Penelitian tentang buah sirsak masih perlu dikembangkan terutama pengaruh sifat optik aktif terhadap efisiensinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *The Photochemystri portal*. photochemystri.wordpress.com (Diakses tanggal 2 Februari 2016).
- Anonim. 2008. Sirsak (<https://id.wikipedia.org/wiki/sirsak>). (Diakses pada tanggal 15 Desember 2015).
- Arrohmah. 2007. *Studi Karakteristik Klorofil Daun Sebagai Material Photodetector Organik*. Skripsi Fisika. Surakarta : FMIPA, UNS
- Aryani, *pseudomonas aeruginosa*, *shigella sonnei* dan *staphylococcus aureus* serta *bioautografinya*. Skripsi Evi Endah. 2013. *Aktivitas antibakteri ekstrak etil asetat daging buah sirsak (annona muricata l.) terhadap* fakultas farmasi universitas muhammadiyah : Surakarta
- Astuti. Rukmini Dwi. 2012. *DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) dengan senyawa Antosianin dari Kulit Terong Ungu (Solanum Melongena L) sebagai Photosensitized*. Skripsi Jurusan Sains Fisika. Surakarta : FMIPA UNS.
- Cari, Nurussaniah, Boisandi, Anita, Supriyanto Agus, Suryana Risa. 2013. *Studi Pengaruh Konsentrasi Poly(3-Hexylthiophene)(P3HT) Terhadap Peningkatan Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell*. Jurnal ISBN: 978-602-8047-80-7:LPF1331-1. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Cahyana, Agus. Ahmad Marzuki. Cari. 2014. *Analisa SEM (scanning electron microscope) pada kaca TZN yang dikristalkan Sebagian*. Jurusan Ilmu Fisika Pasca Sarjana. Semarang : Universitas Sebelas Maret
- Chen, Xianfeng, Chen Jingfei, Jia Lin. 2011. *High-efficiency dye-sensitized solar cells based on robust and both-end-open TiO₂ nanotube membranes*. Journal of Nanoscale Research Letters China : Department of Physics, Shanghai Jiao Tong University.

- Darmawan, , Muh. Iman, Hardani, Hendra Darmaja, Agus Supriyanto, Cari, 2014. *Studi Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cells(DSSC) Menggunakan Ekstra Dracaena Angustifolia (Daun Suji)*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Dewi, Ariane Prestysiana, Gunawan, Abdul Haris k. 2010. *Pengaruh Pelarut methanol-asam asetat-air terhadap efisiensi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*
- Departemen Agama. 2004. *Al-Qur'an dan Terjemahnya*. Bandung: Penerbit J-ART
- Dr. Abdullah bin Muhammad Abu Syaikh. 2008. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 5*. Jakarta : Pustaka Imam Asy Syafii
- Ekasari V dan Yudoyono G. 2013. *Fabrikasi DSSC dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (Zingiber Officinale Linn Var. Rubrum) Variasi Larutan TiO₂ Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan Spin Coating*. Jurnal Sains dan Seni Pomits. Vol. 2, No. 1. Surabaya : Fakultas IPA ITS.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi 5 Jilid 2*. Jakarta: Erlangga
- Gratzel, Michael. 2003. *Dye-Sensitized Solar Cells*, journal of Photochemistry and Photobiology. Vol.4, 145-153. Switzerland : Swiss Federal Institutenof Technology.
- Gratzel, M dan O'regan. 1991. *A Low-Cost, High Efficiency Solar Cell Based On Dye-Sensitized Colloidal TiO₂ Films*. Jurnal of Nature Vol. 353, Issue 63466, 737. Switzerlad : Swiss Federal institute of Technology.
- Hadi, Syamsul. 2016. *Teknologi Bahan*. Yogyakarta : Penerbit ANDI
- Halme, J. 2002. *Dye sensitized Nanostructured and Organic Photovoltaic Cells : technical review and preeliminary test*. Finland : Master Thesis of Helsinki University of Tech.
- Hao, S.; Wu, J.; Fan, L.; Huang, Y.; Lin, J.; Wei, Y. 2004. *The influence of acid treatment of TiO₂ porous film electrode on photoelectric performance of dye-sensitized solar cell*. Solar Energy, 76, 745–750.
- Hardeli, Suwardani, Riky, Fernando T, Maulidis, Silvia Ridwan .2013. *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) Berbasis Nanopori TiO₂ Menggunakan Antosianin dari Berbagai Sumber Alami*. Jurnal. Padang : FMIPA UNP.

- Ihsan. 2013. *Peningkatan Suhu Modul dan Daya Keluaran Panel Surya dengan menggunakan Reflektor*. Makassar : UIN Alauddin Press
- International Energy Agency. 2011 .*"Renewables for Heating and Cooling"*. (Diakses 15 Desember 2015).
- Kartini, S. Wahyuningsih, T. D. Wahyuningsih, dan Chotimah. 2008. *Ekstrak Klorofil Alga Sebagai Sensitizer Sel Surya Titania Tersensitasi Pigmen Alga (TIPA)*. Yogyakarta: LPPM UGM.
- Khoiruddin. 2012. Ekstrak Beta Karoten Wortel (*Daucus Carota*) Sebagai Dye Sensitizer pada DSSC. Skripsi Jurusan Sains Fisika. Surakarta : FMIPA UNS.
- Khopkhar S.M. 2003. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI-Press
- Kumara, Maya Sukma Widya, Drs. Gontjang Prajitno, M.Si. 2012. *Studi awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (*Amaranthus hybridus L.*) Sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya pada DSSC*. Jurusan Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya
- Kurniasih, Nunung. Mimin Kusmiyati , Nurhasanah , Riska Puspita Sari , Riza Wafdan. *Potensi Daun Sirsak (*Annona Muricata Linn*), Daun Binahong (*Anredera Cordifolia (Ten) Steenis*), Dan Daun Benalu Mangga (*Dendrophthoe Pentandra*) Sebagai Antioksidan Pencegah Kanker*. Jurnal Volume IX No. 1 Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati: Bandung
- Latifah, Nur Laela. 2015. *Fisika Bangunan 2*. Jakarta: Griya Kreasi Penebar Swadaya Group.
- Li B, Wang L, Kang B, Wang P & Qiu Y, 2006, "Review of Recent Progress in Solid-State Dye-Sensitized Solar Cells. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*", 90:549-573
- Maddu A, , Zuhri M dan Irmansyah. 2007. *Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya TiO₂ Nanokristal Tersensitisasi Dye*. Makara Teknologi Vol. 11, No. Bogor : Departemen Fisika FMIPA, Institut Pertanian Bogor.
- Misbachudin, M.C., S. Trihandaru, A. Sutresno. 2013. *Studi Awal Ekstrak Antosianin Strawberry sebagai Fotosensitizer dalam Pem-buatan Prototipe Dye*

Sensitized Solar Cell (DSSC). Jurnal LPF 1350. Salatiga : Universitas Kristen Satya Wacana

Mulder dan Sitorus dalam Cahyana. 2014. *Analisa Sem (Scanning Electron Microscope) Pada Kaca Tzn Yang Dikristalkan Sebagian*. Jurusan Ilmu Fisika Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret

Mujiyanto, Drs. Januarius. 2000. *Jendela Iptek Energi*. Jakarta: Balai Pustaka

Moran, Michael J. Shapiro, Howard N. *Termodinamika Jilid 1 Edisi 4*. Jakarta: Erlangga.

Nadeak, Sahat Marthua Reynard. Diah Susanti. 2012. *Variasi Temperatur dan Waktu Tahan Kalsinasi terhadap Unjuk Kerja Semikonduktor TiO₂ sebagai Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Dye dari Ekstrak Buah Naga Merah*. Jurnal of Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Nasori. 2012. *Pengembangan dan fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell berbasis jahe Merah Dengan metode deposisi Spin Coating dan Docot Blade*. Thesis Jurusan Fisika Surabaya : FMIPA, ITS.

Ningsih, Rahmawati dan Hastuti, Erna. *Karakterisasi Ekstrak The Hitam dan Tinta Cumi-Cumi Sebagai Fotosensitizer Pada Sel Surya Berbasis Pewarna Tersensitisas*. Malang : UIN Maliki.

Nygren, Kristian. 2010. *Solar cells based on synthesized nanocrystalline ZnO thin films sensitized by chlorophyll a and photopigments isolated from spinach*. Swedish : Department of Physics, Chemistry and Biology, Linköping University.

Pangestuti, D.L. 2009. *Pembuatan Dye-Sensitized Solar Cell dengan Sensitizer Antosianin dari Buah Buni*. Semarang : Jurusan Kimia, Universitas Dipinegoro

Pramono, Sholeh Hadi , Julius, Teguh Utomo, Eka Maulana. 2014. *Solar sel organik dengan pewarna klorofil pada dssc (dye-sensitized solar cell) dari ekstraksi Daun jarak pagar dan daun papaya*. Skripsi. Malang : Universitas Brawijaya, 2014.

Prananto, Haryo Dwi, Anggie Tyaswuri, Christin Stefphanie, Yusro Bahriarto. 2013. *Dye Sensitize Solar Cell (DSSC) Berbahan Dasar Klorofil Daun Cincau*

Sebagai Fotosensitiser. Jurnal Seminar Nasional Fisika Jakarta Timur : Universitas Negeri Jakarta

Quaschnig, Volker. 2005. *Understanding Renewable Energy Systems*. London, Sterling, VA: Earthscan

Radi, Ir. Juhaeni. Sirsak, 1993. *Budidaya dan Pemanfaatannya*. (Yogyakarta : Penerbit Kanisius.

Susmiyanto, Dwi, Nur Aji Wibowo, Adita Sutresno. 2013. *Karakterisasi Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (Ipomoea batatas L) se-bagai Fotosensitiser pada Sel Surya Pe-warna Tersensitisasi*. Seminar Nasional 2nd Lontar Physics Forum. Salatiga : Universitas Kristen Satya Wacana

Sastrohamidjojo, Hardjono. 1991. *Spektroskopi*. Liberty : Yogyakarta

Sastrawan, R. 2006 *Photovoltaic Modules of Dye Solar Cells*, Disertasi University of Freiburg.

Sakthivel, dkk. 2015. *Dye Sensitized Solar Cell Properties and Fabrication Using Lawsonia Inermis*. India: University Grants Commission (UGC). Journal of chemistry and chemical sciences, vol 5 (2), 85-92. ISSN 2229-760X.

Seran, emel. 2011. *Spektrofotometri sinar tampak (visible)*. <https://wanibesak.wordpress.com/author/wanibesak/> (Diakses 31 Desember 2015)

Smestad Gerg. P dan Gratzel, M. 1998. *Demonstrating Electron Transfer and Nanotechnology : A Natural Dye – Sensitized Nanocrystalline Energy Converter*. Journal of Chemical Education. Vol 75 No. 6. Switzerland : Swiss Federal Institutenof Technology.

Suranto, A. 2011. *Dahsyatnya Sirsak tumpas penyakit*. Jakarta : Pustaka Bunda, 2011.

Usunomena, Usunobun and Okolie N. Paulinus. 2015. *Phytochemical Analysis And Mineral Composition Ofannonna Muricata Leaves*. Vol. 1(1): 38-42. Department of Basic sciences Biochemistry unit), Benson Idahosa University: Nigeria

- Wang Song, Wu Xiaohong, Qin Wei, Jiang Zhaohua. 2007. *TiO₂ films prepared by micro-plasma oxidation method for dye-sensitized solar cell*. *Eletrochimia Acta* 53. China : Institute of Plasma physics, Chinese Academy of Sciences.
- Wirjoadi dan Bambang suranto. 2007. *Sifat Optik Kristal dan Struktur Kaca Mikro Lapisan Tipis ZnO:Al pada Substract Kaca sebagai Bahan TCO*.
- Yuliarto, B. 2006. “*Energi Surya : Alternatif Sumber Energi Masa Depan Indonesia*”. *Berita Iptek*. (<http://www.indeni.org>). (Diakses 15 Desember 2015).
- Zahrok, Zid Latifataz dan Gontjang Prajitno. 2015. *Ekstrak Buah Murbei (Morus) Sebagai Sensitizer Alami Dye Sensitizer Solar Cell (DSSC) Menggunakan Substrat kaca ITO dengan Tehnik Pelapisan Spin Coating*. Surabaya: Jurusan Fisika FMIPA ITS.
- Zamrani, R.A. 2013. *Pembuatan dan Karakterisasi Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstraksi Kulit Buah Manggis Sebagai Dye Sensitizer Dengan Metode Doctor Blade*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Zhou, Huizhi, Liqiong Wu, Yurong Gao, Tingli Ma. 2011. *Dye-sensitized solar cells using 20 natural dyes as sensitizers*. *Journal of Photochemistry and Photobiology A*. China : Dalian University of Technology

LAMPIRAN 1

(DATA PENELITIAN)

Data Penelitian Pengukuran arus dan tegangan

1. Hasil pengamatan uji DSSC daun sirsak pada cahaya matahari hari pertama

Temperatur : 30°C

Pukul : 12.00-12.03 WITA

Potensiometer : 10 K

No.	V(mV)	I (mA)	E (Lux)
1	73.70	0.01	97400
2	73.40	0.01	96800
3	72.00	0.01	94100
4	71.50	0.011	93000
5	71.80	0.011	93200
6	71.50	0.012	94000
7	71.50	0.012	94900
8	71.70	0.013	96600
9	71.70	0.014	97500
10	71.20	0.015	97700
11	71.40	0.016	99400
12	71.20	0.016	99500
13	70.40	0.017	98900
14	70.40	0.018	100000
15	69.90	0.019	101100
16	68.00	0.02	98700
17	67.10	0.021	97700
18	65.90	0.023	98800
19	65.32	0.025	99400
20	63.80	0.027	99800
21	61.00	0.031	99200
22	58.30	0.034	99600
23	52.20	0.039	100000
24	51.70	0.043	99400
25	45.00	0.052	99400
26	37.10	0.062	98100
27	27.70	0.074	98700
28	12.90	0.094	97400
29	10.80	0.095	95300

30	10.40	0.095	95800
31	10.40	0.097	95900
32	10.40	0.098	95600

2. Hasil pengamatan uji DSSC pada cahaya Daun Sirsak Hari Kedua Sebelum Penambahan Elektrolit

Temperatur : 29°C

Pukul : 09.41-09.42 WITA

Potensiometer : 10 K

No.	V (mV)	I (mA)	E (Lux)
1	4	0	791
2	4	0	790
3	3.9	0	790
4	3.6	0	791
5	3.1	0.01	791
6	2.9	0.01	791
7	0.3	0.02	792
8	0.3	0.02	790
9	0.3	0.02	794
10	0	0.02	

3. Hasil pengamatan uji DSSC pada cahaya Daun Sirsak Hari Kedua Sesudah Penambahan Elektrolit

Temperatur : 29°C

Pukul : 09.46-09.50 WITA

Potensiometer : 10 K

No.	V (mV)	I (mA)	E (Lux)
1	221	0	
2	221	0.02	68700
3	217	0.02	68100
4	218	0.02	68600

5	210	0.03	68700
6	203	0.03	69300
7	207	0.03	71600
8	184	0.04	69800
9	165	0.05	57500
10	160	0.06	62400
11	149	0.09	68000
12	109	0.13	69000
13	92	0.15	70100
14	93	0.16	73000
15	69	0.18	73900
16	47	0.2	69700
17	31	0.22	71100
18	7	0.24	70900
19	4	0.24	69700
19	0	0.24	

4. Hasil pengamatan uji DSSC buah sirsak pada cahaya matahari hari pertama

Temperatur : 36°C

Pukul : 12.09-12.10 WITA

Potensiometer : 10 K

No.	V (mV)	I (mA)	E (Lux)
1	293	0	83900
2	293	0.029	83900
3	293	0.031	84400
4	287	0.031	83900
5	285	0.033	83400
6	284	0.033	83300
7	284	0.034	82600
8	280	0.035	82200
9	277	0.036	82400
10	271	0.036	82400
11	268	0.037	82500
12	267	0.038	82900

13	269	0.038	83100
14	264	0.039	83400
15	264	0.04	83700
16	258	0.042	83800
17	255	0.042	84100
18	256	0.043	84100
19	250	0.043	84900
20	248	0.044	84900
21	249	0.045	85000
22	247	0.046	84800
23	245	0.046	84500
24	245	0.049	84200
25	241	0.051	84400
26	229	0.052	84200
27	226	0.054	83700
28	200	0.065	83300
29	165	0.078	83100
30	164	0.077	83100
31	162	0.081	82900
32	157	0.079	831
33	148	0.085	834
34	131	0.087	838
35	93	0.105	838
36	34	0.119	833
37	28	0.121	839
38	16	0.134	839
39	15	0.135	838
40	15	0.135	834
41	15	0.135	851
42	15	0.136	833
43	15	0.136	831
44	15	0.137	845
45	0	0.137	845

5. Hasil pengamatan uji DSSC pada cahaya Buah Sirsak Hari Kedua Sebelum

Penambahan Elektrolit

Temperatur : 22°C

Pukul : 10.14-10.16 WITA

Potensiometer : 10 K

No.	I (mA)	V (mV)	E (Lux)
1	0	84.5	86800
2	0.01	71.5	86400
3	0.01	67.2	84400
4	0.02	62.3	85100
5	0.03	50.1	85600
6	0.04	40.4	84100
7	0.05	32.3	82100
8	0.07	2.9	76800
9	0.07	1.4	72300
10	0.07	0	72300

6. Hasil pengamatan uji DSSC pada cahaya Daun Sirsak Hari Kedua Sesudah

Penambahan Elektrolit

Temperatur : 29°C

Pukul : 10.22-10.31 WITA

Potensiometer : 10 K

No.	V (mV)	I (mA)	E (Lux)
1	71.8	0	794
2	71.8	0.07	794
3	71.8	0.07	797
4	71.7	0.07	800
5	70.5	0.09	804
6	65.2	0.1	804
7	61.5	0.12	801

8	66.1	0.13	806
9	65	0.15	824
10	63.7	0.17	824
11	60.6	0.2	815
12	59.5	0.21	808
13	51.6	0.23	812
14	56	0.23	799
15	57.6	0.24	831
16	56.4	0.26	837
17	54	0.29	855
18	53	0.31	855
19	48.7	0.35	862
20	43	0.43	86800
21	39.8	0.44	83800
22	35	0.47	827
23	29	0.54	820
24	25.7	0.58	825
25	22.6	0.6	821
26	23.7	0.6	815
27	21.1	0.63	874
28	13.7	0.68	877
29	10.3	0.75	842
30	8.2	0.76	868
31	0	0.76	868

LAMPIRAN 2

(KURVA J-V)

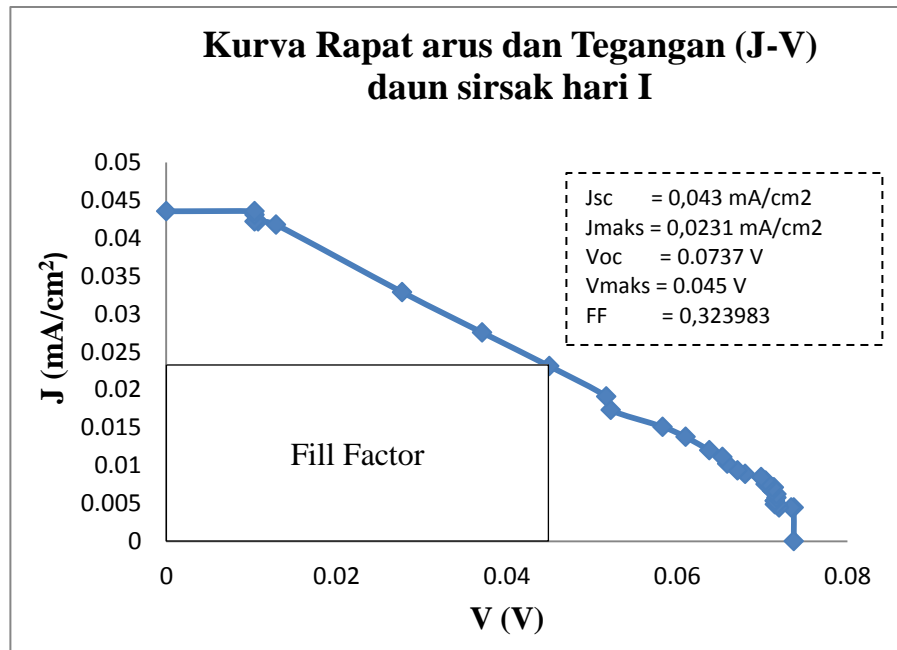
Tabel analisis daya tertinggi untuk membuat kurva (J-V)

1. Tabel analisis daya tertinggi untuk membuat kurva daun sirsak hari I

Temperatur : 30°C
 Pukul : 12.00-12.03 WITA
 Potensiometer : 10 K

V (mV)	I (mA)	E Lux	A (cm ²)	V (V)	J (mA/cm ²)	P _{in} mW/cm ²
73.70	0	-	2.25	0.0737	0	0
73.70	0.01	97400	2.25	0.0737	0.0044444	0.0003276
73.40	0.01	96800	2.25	0.0734	0.0044444	0.0003262
72.00	0.01	94100	2.25	0.072	0.0044444	0.00032
71.50	0.011	93000	2.25	0.0715	0.0048889	0.0003496
71.80	0.011	93200	2.25	0.0718	0.0048889	0.000351
71.50	0.012	94000	2.25	0.0715	0.0053333	0.0003813
71.50	0.012	94900	2.25	0.0715	0.0053333	0.0003813
71.70	0.013	96600	2.25	0.0717	0.0057778	0.0004143
71.70	0.014	97500	2.25	0.0717	0.0062222	0.0004461
71.20	0.015	97700	2.25	0.0712	0.0066667	0.0004747
71.40	0.016	99400	2.25	0.0714	0.0071111	0.0005077
71.20	0.016	99500	2.25	0.0712	0.0071111	0.0005063
70.40	0.017	98900	2.25	0.0704	0.0075556	0.0005319
70.40	0.018	100000	2.25	0.0704	0.008	0.0005632
69.90	0.019	101100	2.25	0.0699	0.0084444	0.0005903
68.00	0.02	98700	2.25	0.068	0.0088889	0.0006044
67.10	0.021	97700	2.25	0.0671	0.0093333	0.0006263
65.90	0.023	98800	2.25	0.0659	0.0102222	0.0006736
65.32	0.025	99400	2.25	0.06532	0.0111111	0.0007258
63.80	0.027	99800	2.25	0.0638	0.012	0.0007656
61.00	0.031	99200	2.25	0.061	0.0137778	0.0008404
58.30	0.034	99600	2.25	0.0583	0.0151111	0.000881
52.20	0.039	100000	2.25	0.0522	0.0173333	0.0009048
51.70	0.043	99400	2.25	0.0517	0.0191111	0.000988
45.00	0.052	99400	2.25	0.045	0.0231111	0.00104
37.10	0.062	98100	2.25	0.0371	0.0275556	0.0010223
27.70	0.074	98700	2.25	0.0277	0.0328889	0.000911
12.90	0.094	97400	2.25	0.0129	0.0417778	0.0005389
10.80	0.095	95300	2.25	0.0108	0.0422222	0.000456

10.40	0.095	95800	2.25	0.0104	0.0422222	0.0004391
10.40	0.097	95900	2.25	0.0104	0.0431111	0.0004484
10.40	0.098	95600	2.25	0.0104	0.0435556	0.000453
0.00	0.098	-	2.25	0	0.0435556	0

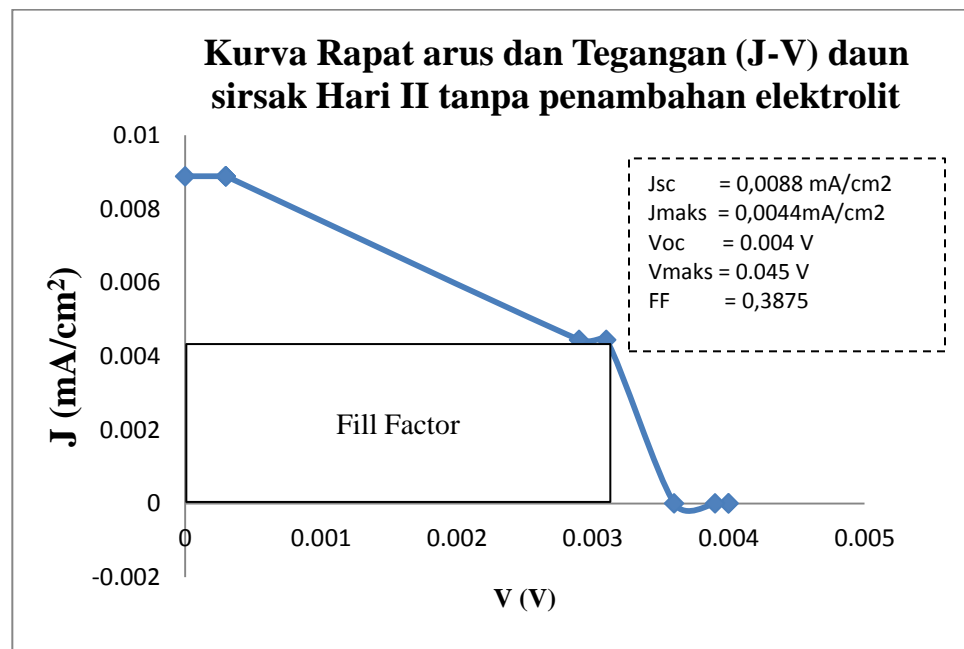


2. Tabel analisis daya tertinggi untuk membuat kurva daun sirsak hari II tanpa penambahan elektrolit

Temperatur : 29°C
 Pukul : 09.41-09.42 WITA
 Potensiometer : 10 K

V (mV)	I (mA)	E Lux	A (cm ²)	V (V)	J (mA/cm ²)	P _{in} mW/cm ²
4	0	79100	2.25	0.004	0	0
4	0	79000	2.25	0.004	0	0
3.9	0	79000	2.25	0.0039	0	0
3.6	0	79100	2.25	0.0036	0	0

3.1	0.01	79100	2.25	0.0031	0.00444	1.37778E-05
2.9	0.01	79100	2.25	0.0029	0.00444	1.28889E-05
0.3	0.02	79200	2.25	0.0003	0.00889	2.66667E-06
0.3	0.02	79000	2.25	0.0003	0.00889	2.66667E-06
0.3	0.02	79400	2.25	0.0003	0.00889	2.66667E-06
0	0.02	-	2.25	0	0.00889	0

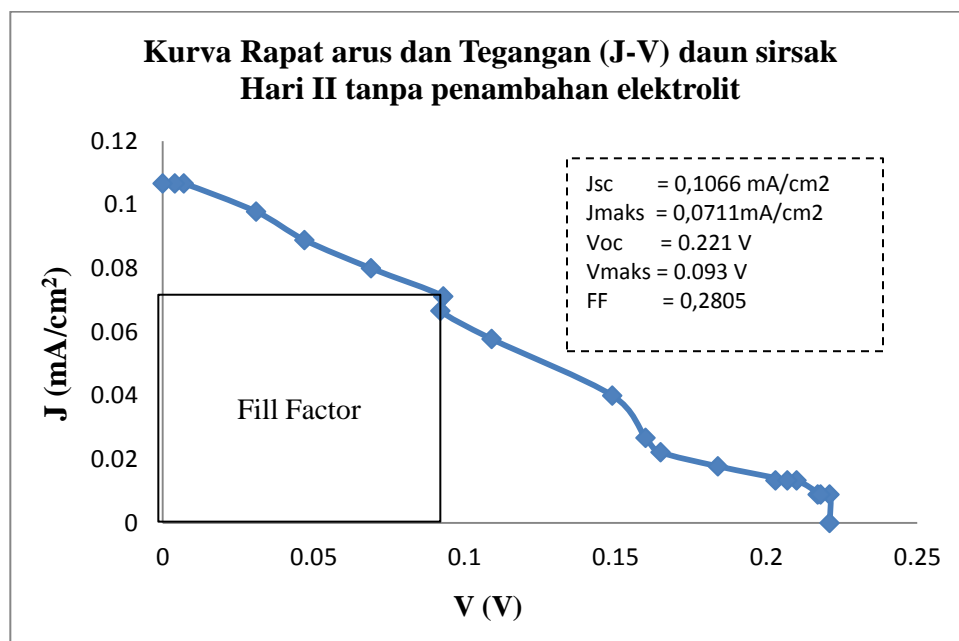


3. Tabel analisis daya tertinggi untuk membuat kurva daun sirsak hari II dengan penambahan elektrolit

Temperatur : 29°C
 Pukul : 09.46-09.50 WITA
 Potensiometer : 10 K

V (mV)	I (mA)	E Lux	A (cm ²)	V (V)	J (mA/cm ²)	P _{in} mW/cm ²
221	0	-	2.25	0.221	0	0
221	0.02	68700	2.25	0.221	0.00889	0.00196
217	0.02	68100	2.25	0.217	0.00889	0.00193

218	0.02	68600	2.25	0.218	0.00889	0.00194
210	0.03	68700	2.25	0.21	0.01333	0.0028
203	0.03	69300	2.25	0.203	0.01333	0.00271
207	0.03	71600	2.25	0.207	0.01333	0.00276
184	0.04	69800	2.25	0.184	0.01778	0.00327
165	0.05	57500	2.25	0.165	0.02222	0.00367
160	0.06	62400	2.25	0.16	0.02667	0.00427
149	0.09	68000	2.25	0.149	0.04	0.00596
109	0.13	69000	2.25	0.109	0.05778	0.0063
92	0.15	70100	2.25	0.092	0.06667	0.00613
93	0.16	73000	2.25	0.093	0.07111	0.00661
69	0.18	73900	2.25	0.069	0.08	0.00552
47	0.2	69700	2.25	0.047	0.08889	0.00418
31	0.22	71100	2.25	0.031	0.09778	0.00303
7	0.24	70900	2.25	0.007	0.10667	0.00075
4	0.24	69700	2.25	0.004	0.10667	0.00043
0	0.24	-	2.25	0	0.10667	0

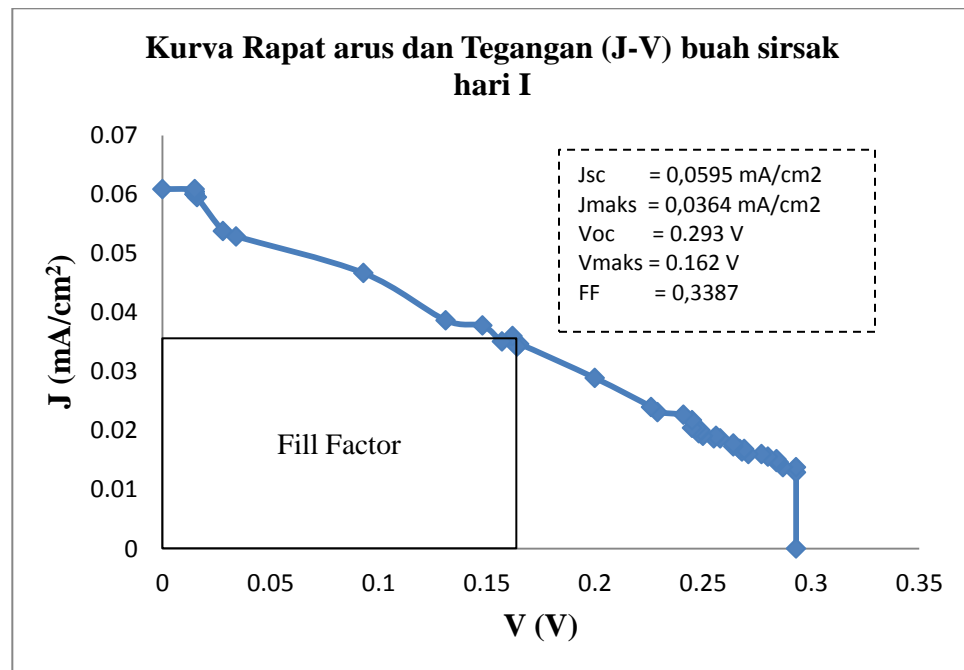


4. Tabel analisis daya tertinggi untuk membuat kurva buah sirsak hari I

Temperatur : 36°C
 Pukul : 12.09-12.10 WITA
 Potensiometer : 10 K

V (mV)	I (mA)	E Lux	A (cm ²)	V (V)	J (mA/cm ²)	P _{in} mW/cm ²
293	0	-	2.25	0.293	0	0
293	0.029	83900	2.25	0.293	0.01289	0.00378
293	0.031	84400	2.25	0.293	0.01378	0.00404
287	0.031	83900	2.25	0.287	0.01378	0.00395
285	0.033	83400	2.25	0.285	0.01467	0.00418
284	0.033	83300	2.25	0.284	0.01467	0.00417
284	0.034	82600	2.25	0.284	0.01511	0.00429
280	0.035	82200	2.25	0.28	0.01556	0.00436
277	0.036	82400	2.25	0.277	0.016	0.00443
271	0.036	82400	2.25	0.271	0.016	0.00434
268	0.037	82500	2.25	0.268	0.01644	0.00441
267	0.038	82900	2.25	0.267	0.01689	0.00451
269	0.038	83100	2.25	0.269	0.01689	0.00454
264	0.039	83400	2.25	0.264	0.01733	0.00458
264	0.04	83700	2.25	0.264	0.01778	0.00469
258	0.042	83800	2.25	0.258	0.01867	0.00482
255	0.042	84100	2.25	0.255	0.01867	0.00476
256	0.043	84100	2.25	0.256	0.01911	0.00489
250	0.043	84900	2.25	0.25	0.01911	0.00478
248	0.044	84900	2.25	0.248	0.01956	0.00485
249	0.045	85000	2.25	0.249	0.02	0.00498
247	0.046	84800	2.25	0.247	0.02044	0.00505
245	0.046	84500	2.25	0.245	0.02044	0.00501
245	0.049	84200	2.25	0.245	0.02178	0.00534
241	0.051	84400	2.25	0.241	0.02267	0.00546
229	0.052	84200	2.25	0.229	0.02311	0.00529

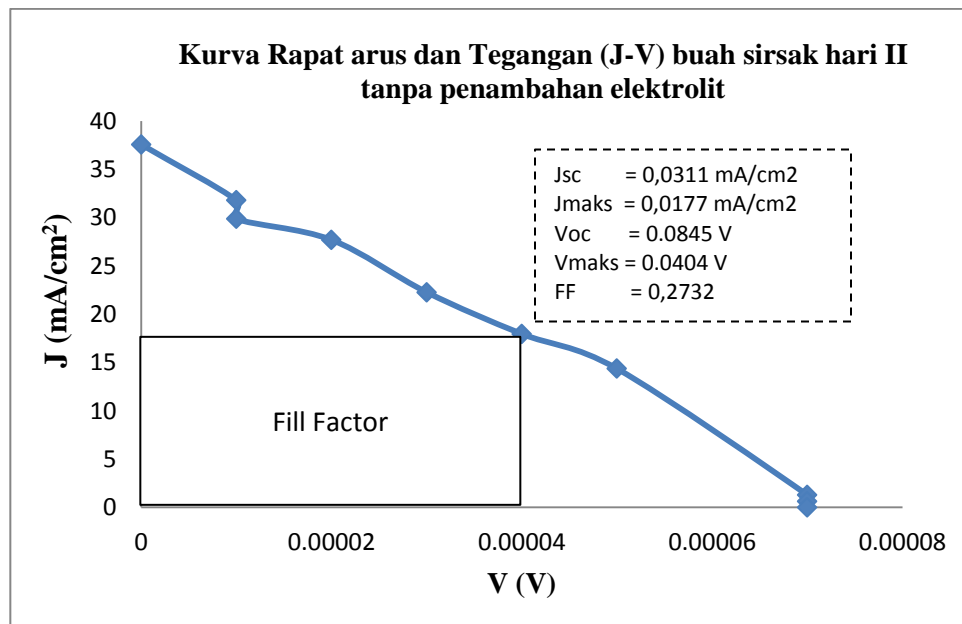
226	0.054	83700	2.25	0.226	0.024	0.00542
200	0.065	83300	2.25	0.2	0.02889	0.00578
165	0.078	83100	2.25	0.165	0.03467	0.00572
164	0.077	83100	2.25	0.164	0.03422	0.00561
162	0.081	82900	2.25	0.162	0.036	0.00583
157	0.079	83100	2.25	0.157	0.03511	0.00551
148	0.085	83400	2.25	0.148	0.03778	0.00559
131	0.087	83800	2.25	0.131	0.03867	0.00507
93	0.105	83800	2.25	0.093	0.04667	0.00434
34	0.119	83300	2.25	0.034	0.05289	0.0018
28	0.121	83900	2.25	0.028	0.05378	0.00151
16	0.134	83900	2.25	0.016	0.05956	0.00095
15	0.135	83800	2.25	0.015	0.06	0.0009
15	0.135	83400	2.25	0.015	0.06	0.0009
15	0.135	85100	2.25	0.015	0.06	0.0009
15	0.136	83300	2.25	0.015	0.06044	0.00091
15	0.136	83100	2.25	0.015	0.06044	0.00091
15	0.137	84500	2.25	0.015	0.06089	0.00091
0	0.137	84500	2.25	0	0.06089	0



5. Tabel analisis daya tertinggi untuk membuat kurva buah sirsak hari II tanpa penambahan elektrolit

Temperatur : 22°C
 Pukul : 10.14-10.16 WITA
 Potensiometer : 10 K

V (mV)	I (mA)	E Lux	A (cm ²)	V (V)	J (mA/cm ²)	P _{in} mW/cm ²
0	84.5	86800	2.25	0	37.55556	0
0.01	71.5	86400	2.25	0.00001	31.77778	0.000318
0.01	67.2	84400	2.25	0.00001	29.86667	0.000299
0.02	62.3	85100	2.25	0.00002	27.68889	0.000554
0.03	50.1	85600	2.25	0.00003	22.26667	0.000668
0.04	40.4	84100	2.25	0.00004	17.95556	0.000718
0.05	32.3	82100	2.25	0.00005	14.35556	0.000718
0.07	2.9	76800	2.25	0.00007	1.288889	9.02E-05
0.07	1.4	72300	2.25	0.00007	0.622222	4.36E-05
0.07	0	-	2.25	0.00007	0	0

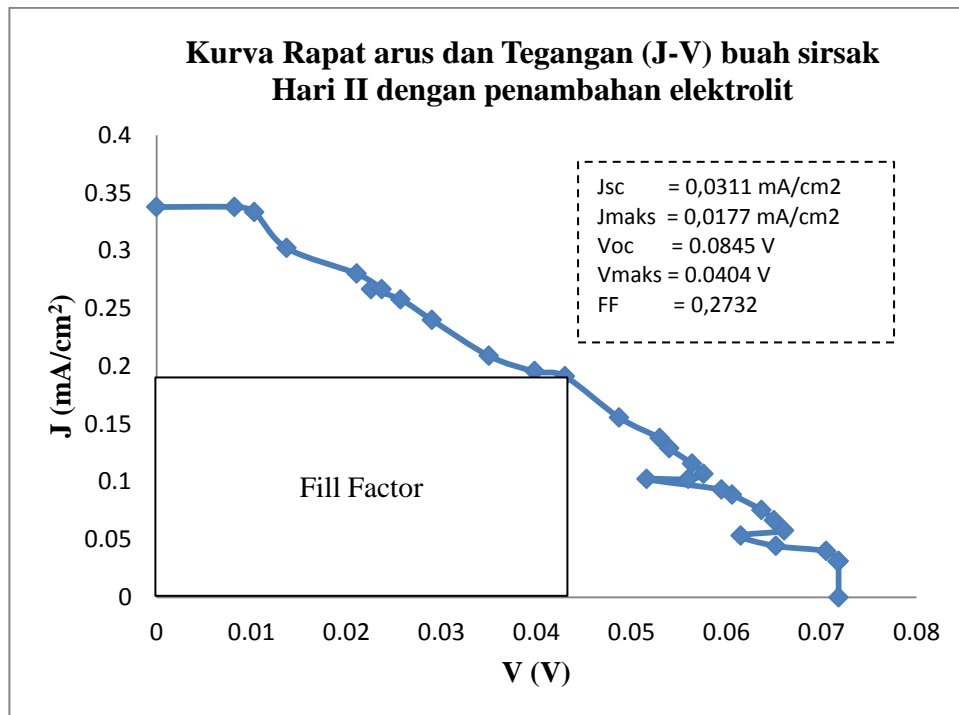


6. Tabel analisis daya tertinggi untuk membuat kurva buah sirsak hari II dengan penambahan elektrolit

Temperatur : 29°C
 Pukul : 10.22-10.31 WITA
 Potensiometer : 10 K

V (mV)	I (mA)	E Lux	A (cm ²)	V (V)	J (mA/cm ²)	P _{in} mW/cm ²
71.8	0	79400	2.25	0.0718	0	0
71.8	0.07	79400	2.25	0.0718	0.03111	0.00223
71.8	0.07	79700	2.25	0.0718	0.03111	0.00223
71.7	0.07	80000	2.25	0.0717	0.03111	0.00223
70.5	0.09	80400	2.25	0.0705	0.04	0.00282
65.2	0.1	80400	2.25	0.0652	0.04444	0.0029
61.5	0.12	80100	2.25	0.0615	0.05333	0.00328
66.1	0.13	80600	2.25	0.0661	0.05778	0.00382
65	0.15	82400	2.25	0.065	0.06667	0.00433
63.7	0.17	82400	2.25	0.0637	0.07556	0.00481
60.6	0.2	81500	2.25	0.0606	0.08889	0.00539
59.5	0.21	80800	2.25	0.0595	0.09333	0.00555
51.6	0.23	81200	2.25	0.0516	0.10222	0.00527
56	0.23	79900	2.25	0.056	0.10222	0.00572
57.6	0.24	83100	2.25	0.0576	0.10667	0.00614
56.4	0.26	83700	2.25	0.0564	0.11556	0.00652
54	0.29	85500	2.25	0.054	0.12889	0.00696
53	0.31	85500	2.25	0.053	0.13778	0.0073
48.7	0.35	86200	2.25	0.0487	0.15556	0.00758
43	0.43	86800	2.25	0.043	0.19111	0.00822
39.8	0.44	83800	2.25	0.0398	0.19556	0.00778
35	0.47	82700	2.25	0.035	0.20889	0.00731
29	0.54	82000	2.25	0.029	0.24	0.00696
25.7	0.58	82500	2.25	0.0257	0.25778	0.00662
22.6	0.6	82100	2.25	0.0226	0.26667	0.00603
23.7	0.6	81500	2.25	0.0237	0.26667	0.00632

21.1	0.63	87400	2.25	0.0211	0.28	0.00591
13.7	0.68	87700	2.25	0.0137	0.30222	0.00414
10.3	0.75	84200	2.25	0.0103	0.33333	0.00343
8.2	0.76	86800	2.25	0.0082	0.33778	0.00277
0	0.76	86800	2.25	0	0.33778	0



LAMPIRAN 3

(PERHITUNGAN EFISIENSI DSSC)

Perhitungan Efisiensi DSSC

1. Perhitungan efisiensi sel surya DSSC dari ekstrak daun sirsak hari I

Diketahui:

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 0,045 \text{ Volt} & A &= 2.25 \text{ cm}^2 \\ I_{\text{maks}} &= 0.052 \text{ mA} & P_{\text{cahaya}} &= 100 \text{ mW/cm}^2 \\ V_{\text{oc}} &= 0.0737 \text{ Volt} \\ I_{\text{sc}} &= 0.098 \text{ mA} \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$J_{\text{sc}} = \frac{I_{\text{sc}}}{A} = \frac{0.0098 \text{ mA}}{2.25 \text{ cm}^2} = 0,043556 \text{ mA/cm}^2$$

$$J_{\text{maks}} = \frac{I_{\text{maks}}}{A} = \frac{0.052 \text{ mA}}{2.25 \text{ cm}^2} = 0,02311 \text{ mA/cm}^2$$

$$FF = \frac{V_{\text{maks}} J_{\text{maks}}}{V_{\text{oc}} I_{\text{sc}}} = \frac{0.045 \text{ Volt} \times 0.02311 \text{ mA/cm}^2}{0.0373 \text{ Volt} \times 0.04355 \text{ mA/cm}^2} = 0.3239831$$

$$\begin{aligned} P_{\text{maks}} &= V_{\text{oc}} J_{\text{sc}} FF = 0.0737 \text{ Volt} \times 0,043556 \text{ mA/cm}^2 \times 0.3239831 \\ &= 0.00104 \text{ mW/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{maks}}}{P_{\text{cahaya}}} \times 100\% = \frac{0.00104 \text{ mW/cm}^2}{100 \text{ mW/cm}^2} \times 100\% = 0.00104 \%$$

2. Perhitungan efisiensi sel surya DSSC dari ekstrak daun sirsak Daun Sirsak Hari II sebelum penambahan Elektrolit

Diketahui:

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 0.0031 \text{ Volt} & A &= 2.25 \text{ cm}^2 \\ I_{\text{maks}} &= 0.01 \text{ mA} & P_{\text{cahaya}} &= 100 \text{ mW/cm}^2 \\ V_{\text{oc}} &= 0.004 \text{ Volt} \\ I_{\text{sc}} &= 0.02 \text{ mA} \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$J_{\text{sc}} = \frac{I_{\text{sc}}}{A} = \frac{0.02 \text{ mA}}{2.25 \text{ cm}^2} = 0,0088 \text{ mA/cm}^2$$

$$J_{\text{maks}} = \frac{I_{\text{maks}}}{A} = \frac{0.01 \text{ mA}}{2.25 \text{ cm}^2} = 0.0044 \text{ mA/cm}^2$$

$$FF = \frac{V_{\text{maks}} J_{\text{maks}}}{V_{\text{oc}} I_{\text{sc}}} = \frac{0.0031 \text{ Volt} \times 0.0044 \text{ mA/cm}^2}{0.004 \text{ Volt} \times 0.0088 \text{ mA/cm}^2} = 0.3875$$

$$P_{\text{maks}} = V_{\text{oc}} I_{\text{sc}} FF = 0.004 \text{ Volt} \times 0.0088 \text{ mA/cm}^2 \times 0.3875 \\ = 1.37 \times 10^{-5} \text{ mW/cm}^2$$

$$\eta = \frac{P_{\text{maks}}}{P_{\text{cahaya}}} \times 100\% = \frac{1.37 \times 10^{-5} \text{ mW/cm}^2}{100 \text{ mW/cm}^2} \times 100\% = 1.37 \times 10^{-5} \%$$

3. Perhitungan efisiensi sel surya DSSC dari ekstrak daun sirsak hari II setelah penambahan elektrolit

Diketahui:

$$\begin{array}{ll} V_{\text{maks}} = 0.093 \text{ Volt} & A = 2.25 \text{ cm}^2 \\ I_{\text{maks}} = 0.16 \text{ mA} & P_{\text{cahaya}} = 100 \text{ mW/cm}^2 \\ V_{\text{oc}} = 0.221 \text{ Volt} & \\ I_{\text{sc}} = 0.02 \text{ mA} & \end{array}$$

$$J_{\text{sc}} = \frac{I_{\text{sc}}}{A} = \frac{0.02 \text{ mA}}{2.25 \text{ cm}^2} = 0.106 \text{ mA/cm}^2$$

$$J_{\text{maks}} = \frac{I_{\text{maks}}}{A} = \frac{0.16 \text{ mA}}{2.25 \text{ cm}^2} = 0.0711 \text{ mA/cm}^2$$

$$FF = \frac{V_{\text{maks}} J_{\text{maks}}}{V_{\text{oc}} I_{\text{sc}}} = \frac{0.093 \text{ Volt} \times 0.0711 \text{ mA/cm}^2}{0.221 \text{ Volt} \times 0.106 \text{ mA/cm}^2} = 0.2805$$

$$P_{\text{maks}} = V_{\text{oc}} I_{\text{sc}} FF = 0.221 \text{ Volt} \times 0.106 \text{ mA/cm}^2 \times 0.2805 \\ = 0.0066 \text{ mW/cm}^2$$

$$\eta = \frac{P_{\text{maks}}}{P_{\text{cahaya}}} \times 100\% = \frac{0.0066 \text{ mW/cm}^2}{100 \text{ mW/cm}^2} \times 100\% = 0.0066 \%$$

4. Perhitungan efisiensi sel surya DSSC dari ekstrak buah sirsak hari I

Diketahui:

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 0.162 \text{ Volt} & A &= 2.25 \text{ cm}^2 \\ I_{\text{maks}} &= 0.081 \text{ mA} & P_{\text{cahaya}} &= 100 \text{ mW/cm}^2 \\ V_{\text{oc}} &= 0.293 \text{ Volt} \\ I_{\text{sc}} &= 0.134 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$J_{\text{sc}} = \frac{I_{\text{sc}}}{A} = \frac{0.134 \text{ mA}}{2.25 \text{ cm}^2} = 0.0595 \text{ mA/cm}^2$$

$$J_{\text{maks}} = \frac{I_{\text{maks}}}{A} = \frac{0.081 \text{ mA}}{2.25 \text{ cm}^2} = 0.036 \text{ mA/cm}^2$$

$$FF = \frac{V_{\text{maks}} J_{\text{maks}}}{V_{\text{oc}} I_{\text{sc}}} = \frac{0.162 \text{ Volt} \times 0.036 \text{ mA/cm}^2}{0.293 \text{ Volt} \times 0.134 \text{ mA/cm}^2} = 0.3342$$

$$\begin{aligned} P_{\text{maks}} &= V_{\text{oc}} J_{\text{sc}} FF = 0.293 \text{ Volt} \times 0.134 \text{ mA/cm}^2 \times 0.3342 \\ &= 0.005832 \text{ mW/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{maks}}}{P_{\text{cahaya}}} \times 100\% = \frac{0.005832 \text{ mW/cm}^2}{100 \text{ mW/cm}^2} \times 100\% = 0.005832 \%$$

5. Perhitungan efisiensi sel surya DSSC dari ekstrak buah sirsak hari II sebelum penambahan elektrolit

Diketahui:

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 0.0404 \text{ Volt} & A &= 2.25 \text{ cm}^2 \\ I_{\text{maks}} &= 0.04 \text{ mA} & P_{\text{cahaya}} &= 100 \text{ mW/cm}^2 \\ V_{\text{oc}} &= 0.0845 \text{ Volt} \\ I_{\text{sc}} &= 0.07 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$J_{\text{sc}} = \frac{I_{\text{sc}}}{A} = \frac{0.07 \text{ mA}}{2.25 \text{ cm}^2} = 0.0311 \text{ mA/cm}^2$$

$$J_{\text{maks}} = \frac{I_{\text{maks}}}{A} = \frac{0.04 \text{ mA}}{2.25 \text{ cm}^2} = 0.0177 \text{ mA/cm}^2$$

$$FF = \frac{V_{\text{maks}} J_{\text{maks}}}{V_{\text{oc}} I_{\text{sc}}} = \frac{0.0404 \text{ Volt} \times 0.0177 \text{ mA/cm}^2}{0.084 \text{ Volt} \times 0.0311 \text{ mA/cm}^2} = 0.2732$$

$$P_{maks} = V_{oc}J_{sc}FF = 0.084 \text{ Volt} \times 0.0311 \text{ mA/cm}^2 \times 0.2732$$

$$= 0.000718 \text{ mW/cm}^2$$

$$\eta = \frac{P_{maks}}{P_{cahaya}} \times 100\% = \frac{0.0000718 \text{ mW/cm}^2}{100 \text{ mW/cm}^2} \times 100\% = 0.0000718 \%$$

6. Perhitungan efisiensi sel surya DSSC dari ekstrak buah sirsak hari kedua setelah penambahan elektrolit

Diketahui:

$$\begin{array}{ll} V_{maks} = 0.043 \text{ Volt} & A = 2.25 \text{ cm}^2 \\ I_{maks} = 0.43 \text{ mA} & P_{cahaya} = 100 \text{ mW/cm}^2 \\ V_{oc} = 0.0718 \text{ Volt} & \\ I_{sc} = 0.76 \text{ mA} & \end{array}$$

$$J_{sc} = \frac{I_{sc}}{A} = \frac{0.076 \text{ mA}}{2.25 \text{ cm}^2} = 0.337 \text{ mA/cm}^2$$

$$J_{maks} = \frac{I_{maks}}{A} = \frac{0.43 \text{ mA}}{2.25 \text{ cm}^2} = 0.191 \text{ mA/cm}^2$$

$$FF = \frac{V_{maks}J_{maks}}{V_{oc}J_{sc}} = \frac{0.043 \text{ Volt} \times 0.191 \text{ mA/cm}^2}{0.0718 \text{ Volt} \times 0.337 \text{ mA/cm}^2} = 0.3388$$

$$P_{maks} = V_{oc}J_{sc}FF = 0.0718 \text{ Volt} \times 0.337 \text{ mA/cm}^2 \times 0.3388$$

$$= 0.00821 \text{ mW/cm}^2$$

$$\eta = \frac{P_{maks}}{P_{cahaya}} \times 100\% = \frac{0.00821 \text{ mW/cm}^2}{100 \text{ mW/cm}^2} \times 100\% = 0.00821 \%$$

Tabel Analisis hasil Perhitungan Efisiensi

Tabel hasil Analisis untuk memperoleh nilai efisiensi sel surya DSSC dari dye ekstrak daun dan buah sirsak

No.	EKSTRAK	V_{maks} (V)	I_{maks} (mA)	J_{maks} (mA/cm ²)	V_{oc} (V)	I_{sc} (mA)	J_{sc} (mA/cm ²)	A (cm ²)	P_{cahaya} (mW/cm ²)	FF	P_{maks} (mW/cm ²)	η (%)
1	Daun Sirsak	0.045	0.052	0.023111111	0.0737	0.098	0.04355556	2.25	100	0.3239831	0.00104	0.00104
2		0.0031	0.01	0.004444444	0.004	0.02	0.00888889	2.25	100	0.3875	1.3778E-05	1.378E-05
3		0.093	0.16	0.071111111	0.221	0.24	0.10666667	2.25	100	0.280543	0.00661333	0.0066133
8	Buah Sirsak	0.162	0.081	0.0360000	0.293	0.134	0.05955556	2.25	100	0.334216	0.00583200	0.0058320
9		0.0404	0.04	0.017777778	0.0845	0.07	0.03111111	2.25	100	0.2732037	0.00071822	0.0007182
10		0.043	0.43	0.191111111	0.0718	0.76	0.33777778	2.25	100	0.3388433	0.00821778	0.0082178

Keterangan :

7. Daun Sirsak Hari I
8. Daun Sirsak Hari II sebelum penambahan Elektrolit
9. Daun Sirsak Hari II setelah penambahan Elektrolit
10. Buah Sirsak Hari I
11. Buah Sirsak Hari II sebelum penambahan elektrolit
12. Buah Sirsak Hari II setelah penambahan elektolit

LAMPIRAN 4

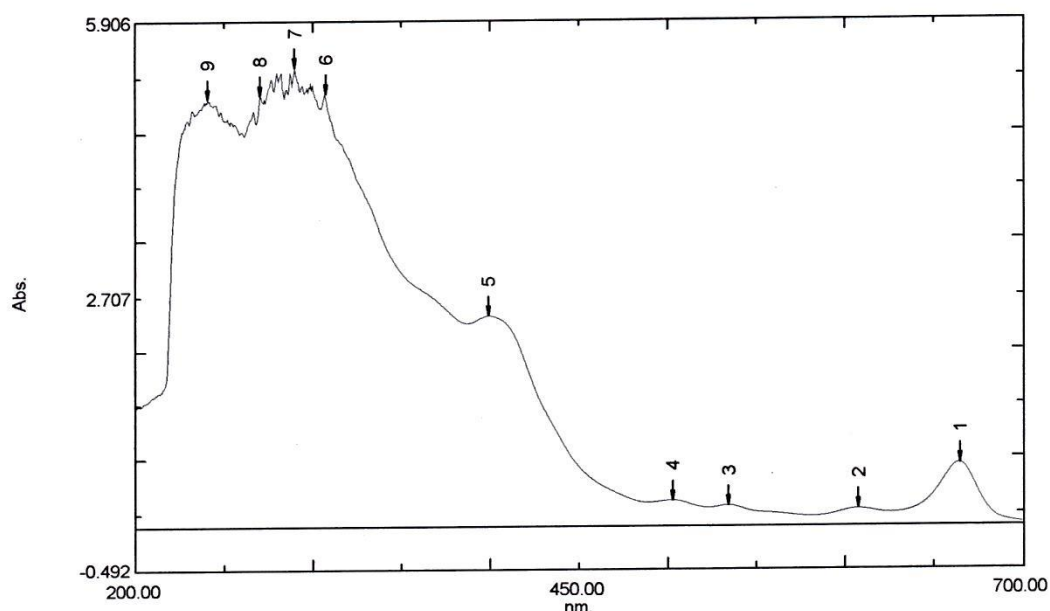
(HASIL UJI UV-Vis)

Hasil uji UV-Vis

Spectrum Peak Pick Report

09/27/2016 11:59:40 AM

Data Set: Daun Sirsak - RawData



[Measurement Properties]
Wavelength Range (nm.): 200.00 to 700.00
Scan Speed: Medium
Sampling Interval: 0.5
Auto Sampling Interval: Enabled
Scan Mode: Single

[Instrument Properties]
Instrument Type: UV-2600 Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 2.0
Accumulation time: 0.2 sec.
Light Source Change Wavelength: 323.0 nm
Detector Unit: Direct
S/R Exchange: Normal
Stair Correction: OFF

[Attachment Properties]
Attachment: None

[Operation]
Threshold: 0.0010000
Points: 4
InterPolate: Disabled
Average: Disabled

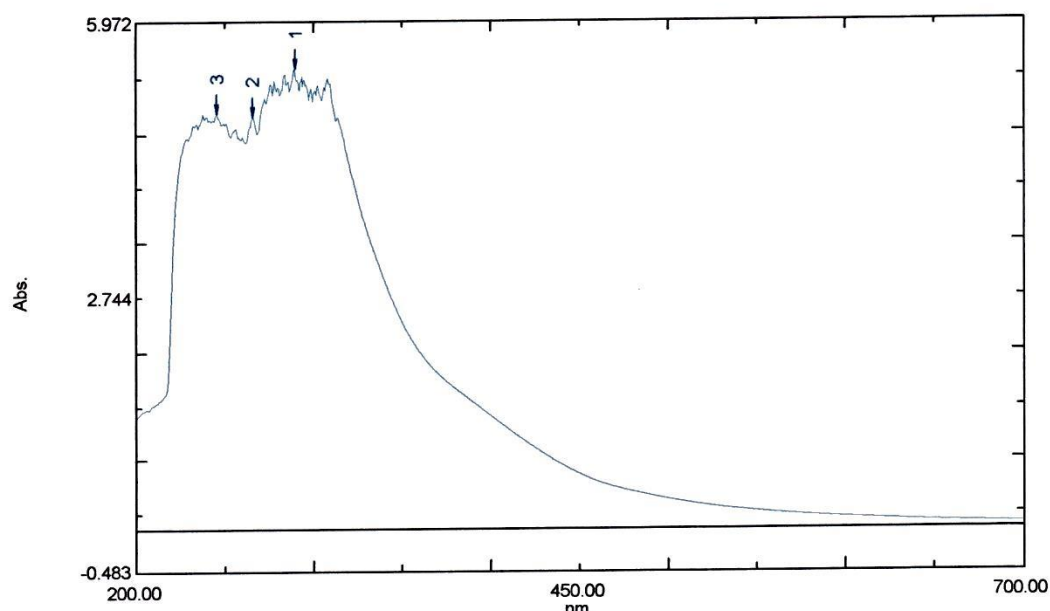
[Sample Preparation Properties]
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⬆	664.50	0.725	
2	⬆	607.50	0.204	
3	⬆	534.50	0.250	
4	⬆	502.50	0.308	
5	⬆	399.50	2.477	
6	⬆	307.00	5.074	
7	⬆	290.00	5.373	
8	⬆	270.50	5.061	
9	⬆	241.00	5.016	

Spectrum Peak Pick Report

09/27/2016 12:03:48 PM

Data Set: Buah Sirsak - RawData



[Measurement Properties]
Wavelength Range (nm.): 200.00 to 700.00
Scan Speed: Medium
Sampling Interval: 0.5
Auto Sampling Interval: Enabled
Scan Mode: Single

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⬆	289.50	5.434	P 10x
2	⬆	266.00	4.885	
3	⬆	245.50	4.929	

[Instrument Properties]
Instrument Type: UV-2600 Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 2.0
Accumulation time: 0.2 sec.
Light Source Change Wavelength: 323.0 nm
Detector Unit: Direct
S/R Exchange: Normal
Stair Correction: OFF

[Attachment Properties]
Attachment: None

[Operation]
Threshold: 0.0010000
Points: 4
InterPolate: Disabled
Average: Disabled

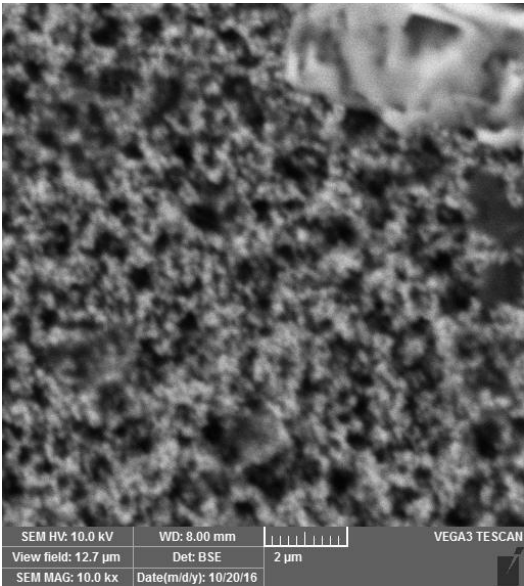
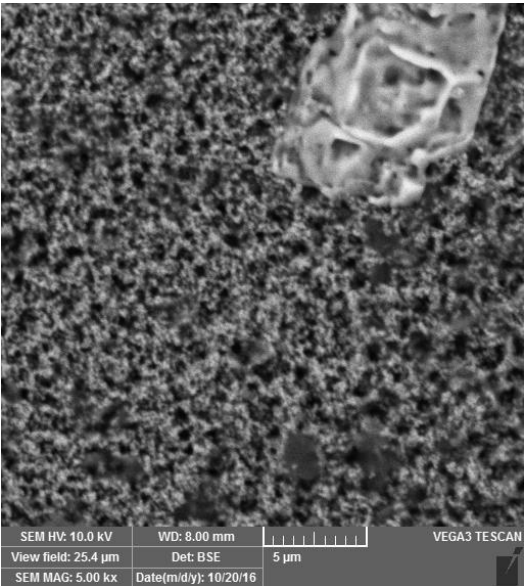
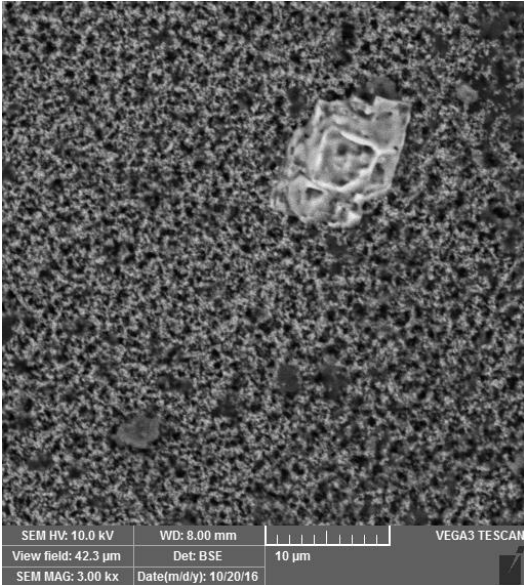
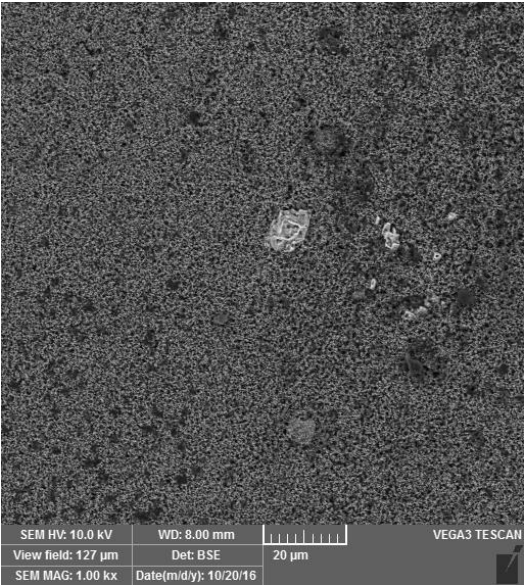
[Sample Preparation Properties]
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

LAMPIRAN 5

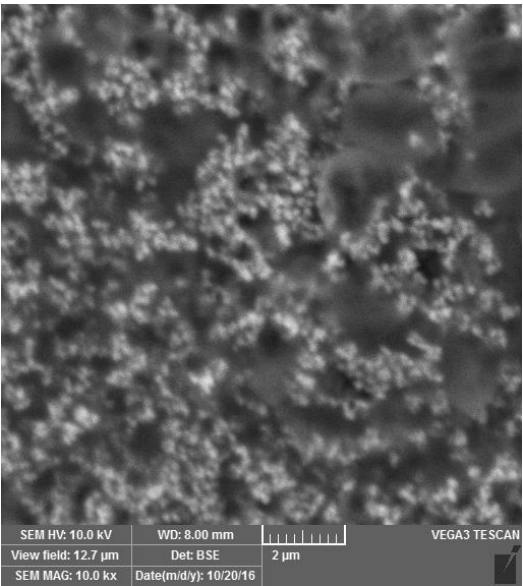
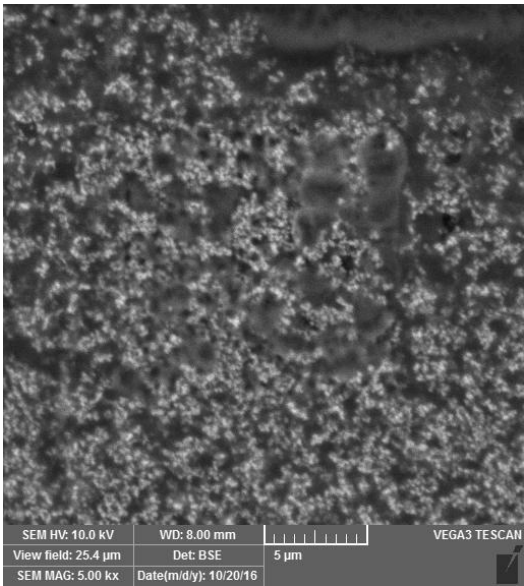
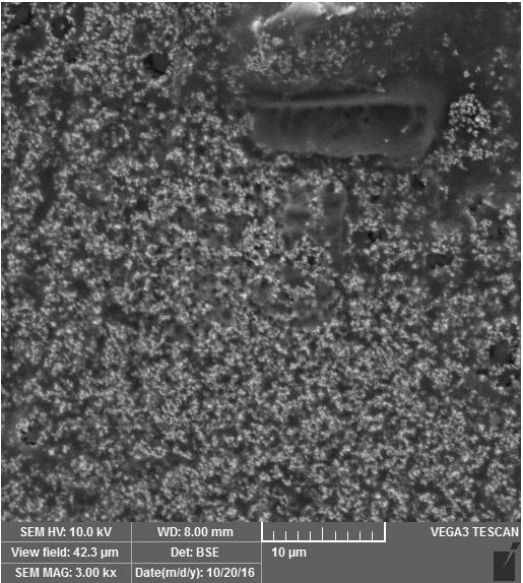
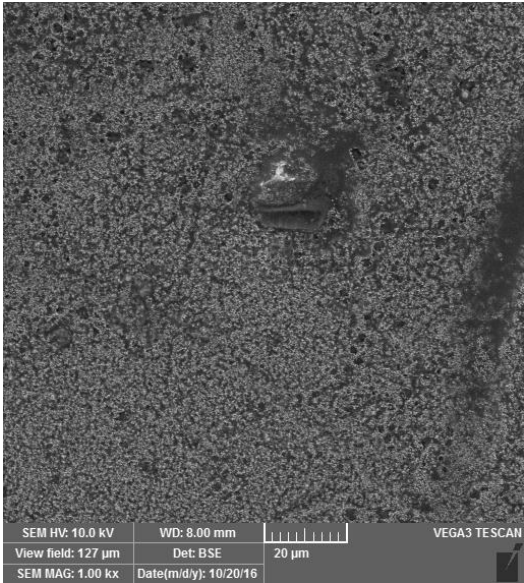
(HASIL UJI SEM)

Hasil uji SEM

1. Sampel Daun sirsak



2. Sampel buah sirsak



LAMPIRAN 6

(DOKUMENTASI PENELITIAN)

DOKUMENTASI PENELITIAN

1. Persiapan dan Ekstraksi Sampel



Gambar 1.2: Daun Sirsak



Gambar 1.2: Daun Sirsak Setelah dikeringakan daun dihaluskan



Gambar 1.3: Buah Sirsak Segar setelah dipotong-potong



Gambar 1.4: Buah Sirsak Setelah dikeringakan daun dihaluskan



Gambar 1.5: Menimbang sampel buah sirsak



Gambar 1.6: Massa buah sirsak yang telah diperoleh setelah ditimbang



Gambar 1.7: Menimbang sampel buah sirihak



Gambar 1.8: Massa buah sirihak yang telah diperoleh setelah ditimbang



Gambar 1.9: Maserasi daun sirihak



Gambar 1.10: Menyaring sampel daun sirihak



Gambar 1.11: Maserat daun sirihak



Gambar 1.12: Maserasi buah sirihak



Gambar 1.13: Menyaring sampel buah sirihak



Gambar 1.14: Maserat buah sirihak



Gambar 1.15: Destilasi maserat daun sirsak



Gambar 1.16: Hasil Ekstraksi daun sirsak



Gambar 1.17: Destilasi maserat buah sirsak



Gambar 1.18: Hasil Ekstraksi buah sirsak



Gambar 1.19: Menimbang massa hasil ekstraksi daun sirsak



Gambar 1.20: Menimbang massa hasil ekstraksi buah sirsak

2. Pengujian Spektrofotometer UV-Vis



Gambar 2.1: Persiapan sampel uji daun dan buah sirsak



Gambar 2.2: Sampel daun sirsak dimasukkan ke dalam kuvet



Gambar 2.3: Sampel buah sirsak dimasukkan ke dalam kuvet



Gambar 2.4: Masing-masing sampel dimasukkan kedalam alat

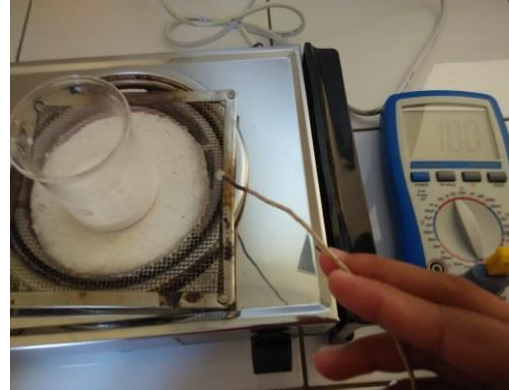


Gambar 2.5: Pembacaan sampel oleh detector

3. Pembuatan Pasta TiO₂



Gambar 3.1: Bubuk TiO₂ dilarutkan dengan Aquades



Gambar 3.2: Larutan TiO₂ dipanaskan pada suhu 100⁰C



Gambar 3.4: Larutan TiO₂ disaring hingga terbentuk pasta

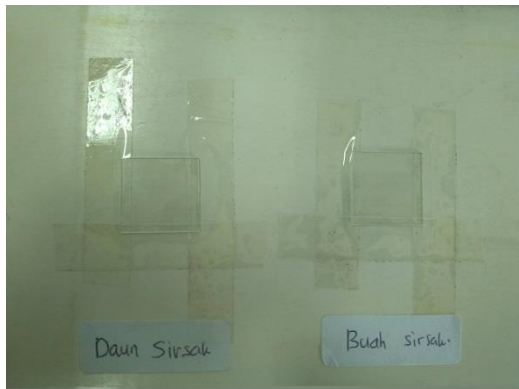
4. Pembuatan Elektoda kerja (Counter electrode)



Gambar 4.1: Pengukuran Resistansi kaca ITO untuk sampel daun sirsak



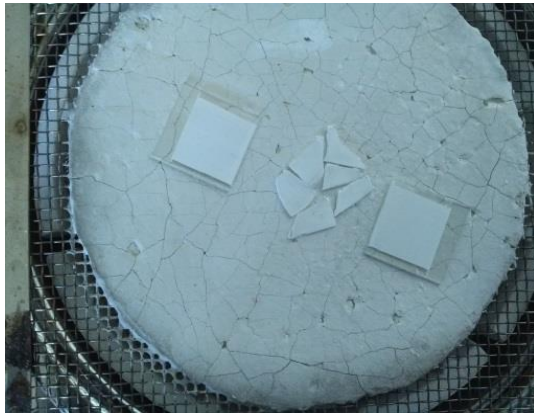
Gambar 4.2: Pengukuran Resistansi kaca ITO untuk sampel buah sirsak



Gambar 4.3: Sisi Kaca ITO diberi Selotip untuk memberi luasan 1,5 cm × 1,5 cm



Gambar 4.4: Deposisi TiO₂ di atas kaca ITO



Gambar 4.5: kaca diletakkan diatas kawat kasa untuk disentering



Gambar 4.6: Sintering selama 30 menit pada suhu 450°C



Gambar 4.7: Pendinginan pada suhu ruang selama ± 5 menit



Gambar 4.8: Perendaman pada dye (ekstrak buah dan daun sirsak) selama 24 jam



Gambar 4.9: Elektroda kerja dari sampel daun sirsak



Gambar 4.10: Elektroda kerja dari sampel buah sirsak

5. Pembuatan Elektoda Pembanding (Counter electrode)



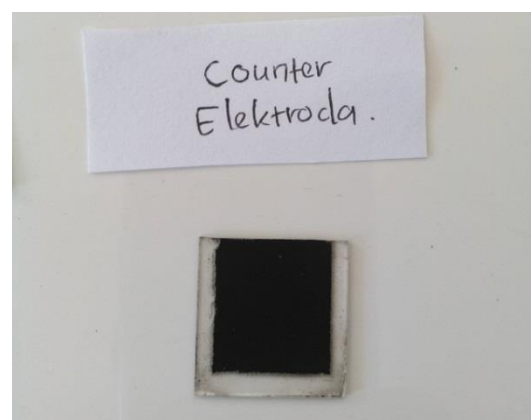
Gambar 5.1: Pengukuran Resistansi kaca untuk Counter Elektrode



Gambar 5.2: Pelapisan Carbon dari Pembakaran Api Lilin



Gambar 5.3: Pembersihan sisi kaca dengan Cotton bud



Gambar 5.4: Counter Elektroda setelah dibersihkan

6. Pembuatan Larutan Elektrolit



Gambar 6.1: KI ditimbang sebanyak 3 gr

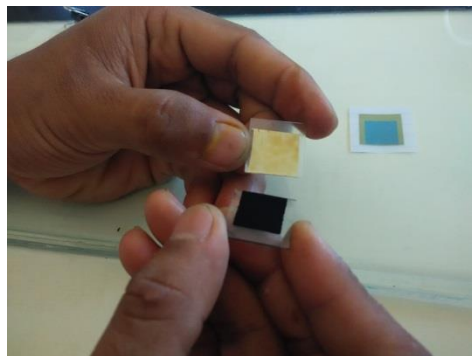


Gambar 6.2: Pelarutan KI dengan Iodine sebanyak 3 ml



Gambar 6.3: Larutan Elektrolit disimpan di dalam spoid

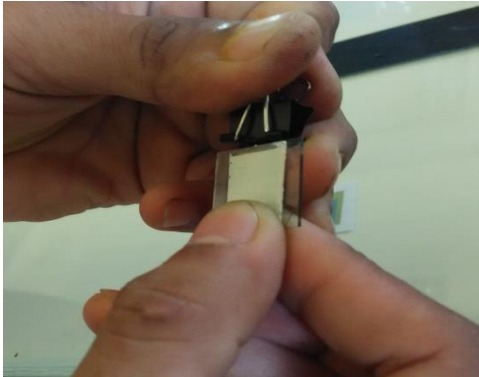
7. Penyusunan Sandwich DSSC



Gambar 7.1: Elektroda dan Elektroda karbon



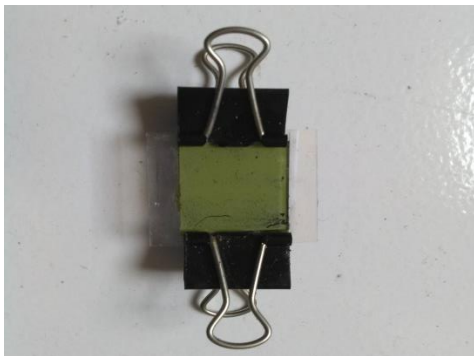
Gambar 7.2: Penyusunan secara offside lapisan Elektroda dan Elektroda karbon



Gambar 7.3: Penjepitan Kedua Sisi DSSC



Gambar 7.4: Penetasan Larutan Elektrolit



Gambar 7.5: Sampel DSSC daun sirsak

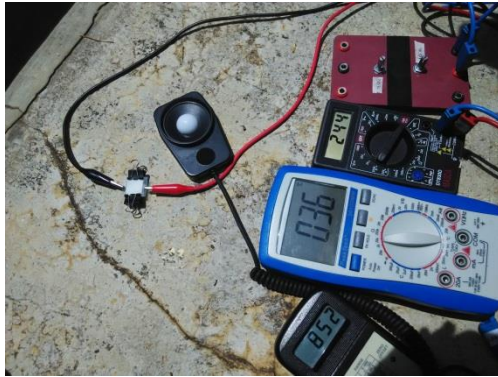


Gambar 7.6: Sampel DSSC daun sirsak

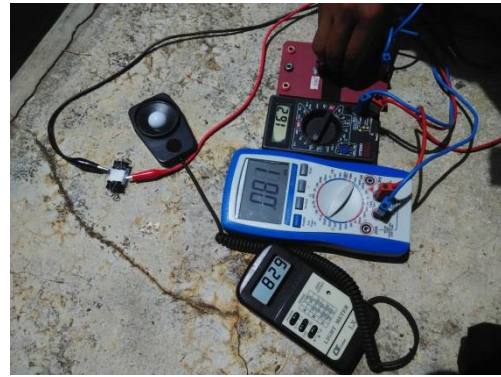
8. Pengujian Arus dan Tegangan



Gambar 8.1 : Rangkaian Uji DSSC



Gambar 8.2: Pengukuran Suhu



Gambar 8.3: Pengukuran Arus, Tegangan sampel DSSC buah sirsak



Gambar 8.4: Pengukuran Arus, Tegangan sampel DSSC daun sirsak

9. Pengujian SEM



Gambar 9.1: seperangkat alat uji SEM

LAMPIRAN 7

(PERSURATAN & SK)



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Kampus I : Jl. Sultan Alauddin No. 63 Makassar ■ (0411) 868720, Fax. (0411) 864923
Kampus II : Jl. H.M. Yasin Limpo No.36, Romangpolong-Gowa . ■ (0411) 841879, Fax. (0411) 8221400

Nomor : ST.VI.1/PP.009/1790/2016
Sifat : Penting
Lamp : -
Hal : Izin Penelitian
Untuk Menyusun Skripsi

Makassar, 07 Juni 2016

Kepada Yth.
Kepala Laboratorium Kimia Organik, Fak. Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar
Di-
Tempat

Assalamu Alaikum Wr. Wb.

Dengan hormat kami sampaikan, bahwa mahasiswa UIN Alauddin Makassar yang tersebut namanya di bawah ini :

Nama	: Irwan Afandi
NIM	: 60400112047
Semester	: VIII
Fakultas	: Sains & Teknologi UIN Alauddin Makassar
Jurusan	: Fisika
Pembimbing	: 1. Iswadi, S.Pd., M.Si. 2. Hernawati, S.Pd., M.Pfis.

Bermaksud melakukan penelitian dalam rangka penyusunan Skripsi berjudul "**Studi Awal Fabrikasi DYE Sensitized Solar Cell (DSSC) dari Ekstrak Buah Dan Daun Sirsak (Annona Muricata. L) sebagai Fotosensitizer**" sebagai salah satu syarat penyelesaian Studi akhir Sarjana/S.1.

Untuk maksud tersebut kami mengharapkan kiranya kepada mahasiswa yang bersangkutan diberi izin untuk Penelitian di **Laboratorium Kimia Organik, Fak. Sains dan Teknologi**.

Demikian harapan kami, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Wassalam
Dekan

Prof. Dr. P. Arifuddin, M.Ag.
NIP. 19691205 199303 1 001

Tembusan:

1. Ketua Prodi/Jurusan Fisika Fak. Sainstek UIN Alauddin
2. Arsip



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Kampus I : Jl. Sultan Alauddin No. 63 Makassar ■ (0411) 868720, Fax. (0411) 864923
Kampus II : Jl. H.M. Yasin Limpo No.36, Romangpolong-Gowa . ■ (0411) 841879, Fax. (0411) 8221400

Nomor : ST.VI.1/PP.009/3100/2016
Sifat : Penting
Lamp : -
Hal : Izin Penelitian
Untuk Menyusun Skripsi

Makassar, 2/ September 2016

Kepada Yth.
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA (UNHAS)
Di-
Tempat

Assalamu Alaikum Wr. Wb.

Dengan hormat kami sampaikan, bahwa mahasiswa UIN Alauddin Makassar yang tersebut namanya di bawah ini :

Nama	: Irwan Afandi
NIM	: 60400112047
Semester	: IX
Fakultas	: Sains & Teknologi UIN Alauddin Makassar
Jurusan	: Fisika
Pembimbing	: 1. Iswadi, S.Si., M.Si. 2. Hernawati, S.Pd., M.Pfis.

Bermaksud melakukan penelitian dalam rangka penyusunan Skripsi berjudul **"Studi Awal Fabrikasi DYE Sensitized Solar Cell (DSSC) dari Ekstrak Daun, Buah Dan Bunga Berbeda Sebagai Sensitizer"** sebagai salah satu syarat penyelesaian Studi akhir Sarjana/S.1.

Untuk maksud tersebut kami mengharapkan kiranya kepada mahasiswa yang bersangkutan diberi izin untuk Penelitian di **Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar**.

Demikian harapan kami, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag.
NIP. 19691205 199303 1 001

Tembusan:

1. Ketua Prodi/Jurusan Fisika Fak. Sainstek UIN Alauddin
2. Arsip



**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
NOMOR : 2070 TAHUN 2015**

TENTANG

**PEMBIMBING/PEMBANTU PEMBIMBING DALAM PENELITIAN DAN PENYUSUNAN SKRIPSI MAHASISWA
JURUSAN FISIKA FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR**

DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR

- Membaca** : Surat Permohonan Mahasiswa Fakultas Sains & Teknologi UIN Alauddin Makassar, Nama **IRWAN AFANDI** NIM : 60400112047 tertanggal 21 Desember 2015 untuk mendapatkan Pembimbing Skripsi dengan Judul: "Study Awal Febrikasi DSSC Dari Ekstrak Buah Dan Daun Sirsak Sebagai Fotosensitizer"
- Menimbang** : a. Bahwa untuk membantu penelitian dan penyusunan skripsi mahasiswa tersebut, dipandang perlu untuk menetapkan pembimbing/pembantu pembimbing penyusunan skripsi mahasiswa tersebut diatas.
b. Bahwa mereka yang ditetapkan dalam surat keputusan ini dipandang cakap dan memenuhi syarat untuk diserahi tugas sebagai pembimbing/pembantu pembimbing penyusunan skripsi mahasiswa tersebut diatas.
- Mengingat** : 1. Undang-undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 1999 tentang Pendidikan Tinggi;
3. Keputusan Presiden Nomor 17 Tahun 2000 tentang pelaksanaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara;
4. Keputusan Menteri Agama RI. No. 492 Tahun 2003 tentang Pemberian Kuasa Pendelegasian Wewenang Pengangkatan, Pemindahan dan Pemberhentian PNS ditingkat Depag;
5. Keputusan Menteri Agama RI. Nomor 25 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Alauddin Makassar;
6. Surat Menteri Agama RI. Nomor 93 Tahun 2007 Tentang Statuta UIN Alauddin Makassar;
7. Keputusan Menteri Keuangan Nomor: 330/KMK/05/ Tahun 2008 Tentang Penetapan UIN Alauddin Makassar pada Depag Sebagai Institusi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum (BLU);
8. Surat Keputusan Rektor UIN Alauddin Nomor 129 C Tahun 2013 Tentang Pedoman Edukasi UIN Alauddin.

MEMUTUSKAN

- Pertama** : Mengangkat/ Menunjuk saudara :
1. **Iswadi, S.Pd., M.Si.** sebagai Pembimbing Pertama,
2. **Hernawati, S.Pd., M.Piis.** sebagai Pembimbing Kedua.
- Kedua** : Tugas Pembimbing/ Pembantu Pembimbing dalam penelitian dan penyusunan skripsi mahasiswa adalah memeriksa draft skripsi dan naskah skripsi, memberi bimbingan, petunjuk-petunjuk, perbaikan mengenai materi, metode, bahasa dan kemampuan menguasai masalah,
- Ketiga** : Segala biaya yang timbul akibat dikeluarkannya surat keputusan ini dibebankan kepada Anggaran Belanja Fakultas Sains & Teknologi UIN Alauddin Makassar.
- Keempat** : Surat Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan dan apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan didalamnya akan diperbaiki sebagaimana mestinya.
- Kelima** : Surat Keputusan ini disampaikan kepada masing-masing yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan dengan penuh tanggungjawab.

Ditetapkan di : Makassar
Pada tanggal : 21 Desember 2015



Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag.
NIP. 19691205 199303 1 001



**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
NOMOR : 251 TAHUN 2016**

TENTANG

**PANITIA SEMINAR DRAFT PENELITIAN DAN PENYUSUNAN SKRIPSI MAHASISWA
IRWAN AFANDI NIM 600400112047
JURUSAN FISIKA FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR
DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR**

- Membaca** : Surat Permohonan Ketua Jurusan Fakultas Sains & Teknologi UIN Alauddin Makassar, nama **IRWAN AFANDI NIM 600400112047**, untuk melaksanakan seminar draft.
- Menimbang** : Bahwa untuk pelaksanaan dan kelancaran seminar draft/hasil, perlu dibentuk panitia seminar draft dan penyusunan skripsi
- Mengingat** :
1. Undang-undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
 2. Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 1999 tentang Pendidikan Tinggi;
 3. Keputusan Presiden Nomor 17 Tahun 2000 tentang pelaksanaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara;
 4. Keputusan Menteri Agama Nomor: 289 Tahun 1993 JO Nomor: 202 B Tahun 1998 tentang Pemberian Kuasa dan Pendelegasian Wewenang Menandatangani Surat Keputusan
 5. Keputusan Menteri Agama Nomor: 2 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembayaran dalam Pelaksanaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara di Lingkungan Departemen Agama
 6. Keputusan Menteri Agama RI. No. 25 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Alauddin Makassar
 7. Keputusan Menteri Agama RI. Nomor 93 Tahun 2007 tentang Statuta UIN Alauddin Makassar;
 8. Keputusan Menteri Keuangan No.330/05/2008 tentang penetapan UIN Alauddin Makassar pada Dep.Agama sebagai Instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum (BLU).

MEMUTUSKAN

- Menetapkan Pertama** : Membentuk Panitia Seminar Draft, Jurusan **FISIKA** Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar dengan komposisi :

Ketua : Sahara, S.Si., M.Sc., Ph.D.
Sekretaris : Ihsan, S.Pd., M.Si.
Pembimbing I : Iswadi, S.Pd., M.Si.
Pembimbing II : Hernawati, S.Pd., M.Pfis
Penguji I : Ihsan, S.Pd., M.Si.
Penguji II : Fitriyanti, S.Si., M.Sc.
Penguji III : Dr. Sohra, M.Ag.
Pelaksana : Jusmulyadi, S.T.

- Kedua** :
1. Panitia bertugas melaksanakan seminar draft/hasil, memberi bimbingan, petunjuk-petunjuk, perbaikan mengenai materi, metode, bahasa dan kemampuan menguasai masalah penyusunan skripsi
 2. Biaya pelaksanaan seminar draft penelitian dibebankan kepada anggaran Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar
 3. Apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini akan diubah dan diperbaiki sebagaimana mestinya

Surat Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan dengan penuh tanggungjawab.

Ditetapkan di : Makassar

Pada tanggal : 11 Februari 2016

Dekan



Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag.
NIP. 19691205 199303 1 001



KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
NOMOR : 926 TAHUN 2016
TENTANG

PANITIA UJIAN KOMPREHENSIF
JURUSAN FISIKA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR

- Membaca : Surat permohonan Ujian Komprehensif : IRWAN AFANDI, NIM: 60400112047
- Menimbang : Bahwa untuk pelaksanaan dan kelancaran ujian komprehensif perlu dibentuk panitia ujian
- Mengingat :
1. Undang-undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
 2. Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 1999 tentang Pendidikan Tinggi;
 3. Keputusan Presiden Nomor 57 Tahun 2005 tentang Perubahan Institut Agama Islam Negeri Alauddin menjadi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar;
 4. Keputusan Menteri Agama RI Nomor 2 Tahun 2006 tentang Mekanisme Pelaksanaan Pembayaran atas Bahan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara di Lingkungan Kementerian Agama;
 5. Keputusan Menteri Agama RI Nomor 20 Tahun 2014 tentang Statuta UIN Alauddin Makassar;
 6. Keputusan Menteri Agama RI No. 25 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Alauddin Makassar
 7. Surat Keputusan Rektor UIN Alauddin No.129 C tahun 2013

MEMUTUSKAN

- Menetapkan :
1. Membentuk Panitia Ujian Komprehensif, Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar dengan komposisi:
Ketua : Dr.Hj.Wasilah,S.T., M.T.
Sekertaris : Nassar,S.Ag.
Penguji I : Dr.Solihah,M.Ag.
Penguji II : Iswadi,S.Pd.,M.Si.
Penguji III : Hernawati,S.Pd., M.Pfis.
Pelaksana : Agusdin,S.Sos.
 2. Panitia bertugas melaksanakan ujian
 3. Biaya pelaksanaan ujian dibebankan kepada anggaran Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
 4. Panitia dianggap bubar setelah menyelesaikan tugasnya.
 5. Apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini akan diubah dan diperbaiki sebagai mana mestinya.

Surat Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan dengan penuh rasa tanggung jawab.

Ditetapkan di : Makassar
Tanggal : 01-Jun-16

KEMENTERIAN AGAMA
FAK. SAINS & TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR

Dr. H. Arifuddin, M.Ag.
NIM. 19691205 19933 1 001



**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
NOMOR : 2165 TAHUN 2016**

TENTANG

**PANITIA SEMINAR HASIL PENELITIAN DAN PENYUSUNAN SKRIPSI MAHASISWA
SAINS & TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR**

DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR

- Membaca** : Surat Permohonan **IRWAN AFANDI, NIM 60400112047, tertanggal 10 November 2016**, untuk melaksanakan seminar Hasil.
- Menimbang** : Bahwa untuk pelaksanaan dan kelancaran seminar draft/hasil, perlu dibentuk panitia seminar Hasil dan penyusunan skripsi
- Mengingat** : 1. Undang-undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 1999 tentang Pendidikan Tinggi;
3. Keputusan Presiden Nomor 17 Tahun 2000 tentang pelaksanaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara;
4. Keputusan Menteri Agama Nomor: 289 Tahun 1993 JO Nomor: 202 B Tahun 1998 tentang Pemberian Kuasa dan Pendelegasian Wewenang Menandatangani Surat Keputusan
5. Keputusan Menteri Agama Nomor: 2 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembayaran dalam Pelaksanaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara di Lingkungan Departemen Agama
6. Keputusan Menteri Agama RI. No. 25 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Alauddin Makassar
7. Keputusan Menteri Agama RI. Nomor 20 Tahun 2014 tentang Statuta UIN Alauddin Makassar;
8. Keputusan Menteri Keuangan No.330/05/2008 tentang penetapan UIN Alauddin Makassar pada Dep.Agama sebagai Instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum (BLU)

MEMUTUSKAN

**Menetapkan
Pertama** :

Membentuk Panitia Seminar Proposal, Jurusan **Fisika** Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar dengan komposisi :

Ketua : Sahara,S.Si., M.Si.,Ph.D.
Sekretaris : Ayusari Wahyuni,S.Si., M.Sc.
Pembimbing I : Iswadi,S.Pd.,M.Si.
Pembimbing II : Hernawati,S.Pd.,M.Pfis
Penguji I : Ihsan,S.PD., M.Si.
Penguji II : Fitriyanti,S.Si., M.Sc.
Penguji III : Dr.Sohrah,M.Ag.
Pelaksana : Agusdin,S.Sos.

- Kedua** : 1. Panitia bertugas melaksanakan seminar draft/hasil, memberi bimbingan, petunjuk-petunjuk, perbaikan mengenai materi, metode, bahasa dan kemampuan menguasai masalah penyusunan skripsi
2. Biaya pelaksanaan seminar draft penelitian dibebankan kepada anggaran Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar
3. Apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini akan diubah dan diperbaiki sebagaimana mestinya

Surat Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan dengan penuh tanggungjawab.

Ditetapkan di : Makassar
Pada tanggal : 10 November 2016

**An.Rektor
Dekan**



Prof.Dr.H.Arifuddin,M.Ag.
NIP. 19691205 199303 1 001



ALAUDDIN

**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
NOMOR :2397 TAHUN 2016**

TENTANG

**PANITIA UJIAN MUNAQASYAH
JURUSAN FISIKA FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI**

DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR

- Membaca : Surat permohonan : IRWAN AFANDI
NIM : 60400112047
Tanggal : 23 November 2016
Mahasiswa Jurusan : FISIKA
Untuk Ujian Skripsi/ Munaqasyah yang berjudul " Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Menggunakan Ekstrak Daun dan Buah Sirsak (Annona Muricata L) sebagai Fotosensitizer"
- Menimbang : 1. Bahwa saudara tersebut diatas telah memenuhi persyaratan Ujian Skripsi/ Munaqasyah
2. Bahwa untuk pelaksanaan dan kelancaran ujian/ Munaqasyah perlu dibentuk panitia ujian.
- Mengingat : 1. Undang-undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 1999 tentang Pendidikan Tinggi;
3. Keputusan Presiden Nomor 57 Tahun 2005 tentang Perubahan IAIN Alauddin menjadi UIN Alauddin Makassar;
4. Keputusan Menteri Agama RI Nomor 2 Tahun 2006 tentang Mekanisme Pelaksanaan Pembayaran atas Bahan Angga*/ran Pendapatan dan Belanja Negara di Lingkungan Kementerian Agama;
5. Keputusan Menteri Agama RI Nomor 20 Tahun 2014 tentang Statuta UIN Alauddin Makassar;
6. Keputusan Menteri Keuangan No.330/C5/2008 tentang penetapan UIN Alauddin Makassar pada Departemen Agama sebagai Instansi Pemerintah yang menerapkan pengelolaan Badan Layanan Umum (BLU)
7. Keputusan Menteri Agama RI No. 25 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Alauddin Makassar
8. Surat Keputusan Rektor UIN Alauddin Nomor 129 C Tahun 2013 Tentang Pedoman Edukasi UIN Alauddin;

MEMUTUSKAN

- Menetapkan : 1. Membentuk Panitia Ujian Skripsi/ Munaqasyah Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar dengan komposisi :

Ketua : Dr.M.Thahir Maloko,M.Hi.
Sekertaris : Sahara,S.Si., M.Sc.,Ph.D.
Penguji I : Ihsan, S.Pd., M.Si.
Penguji II : Fitriyanti,S.Si., M.Sc.
Penguji III : Dr.Sohrah,M.Ag.
Pembimbing I : Iswadi, S.Pd., M.Si.
Pembimbing II : Hernawati,S.Pd., M.Pfis.
Pelaksana : Hasniah,S.Sos.

2. Panitia bertugas melaksanakan ujian Skripsi/Munaqasyah bagi saudara yang namanya tersebut diatas.
3. Biaya pelaksanaan ujian dibebankan kepada anggaran Fakultas Sains & Teknologi UIN Alauddin Makassar.
4. Apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini akan diubah dan diperbaiki sebagaimana mestinya.

Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan dengan penuh rasa tanggung jawab.

Ditetapkan di Makassar

Pada tanggal, 23 Nqvvember 2016

An.Rektor
Dekan,

Prof.Dr.H.Arifuddin,M.Ag.

NIP. 19691205 199303 1 001



RIWAYAT HIDUP



Irwan Afandi, akrab disapa Fandi. Lahir di Bulukumba, tanggal 24 November 1993. Anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Rusdi dan Nisbah. Pendidikan formal dimulai dari sekolah dasar di SD Negeri 49 Borongrappoa dan lulus pada tahun 2006. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi di Sekolah Madrasah Tsanawiah Negeri (MTsN) Gantarang Kindang. Pada tahun 2009 penulis melanjutkan pendidikannya di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Negeri 1 Bulukumba dan lulus pada tahun 2012. Kemudian penulis melanjutkan pendidikannya ditingkat yang lebih tinggi yaitu kejenjang S1 dan mengambil jurusan Fisika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar.